

TOMÁS RODOLFO REYES AMIGO

**EJERCICIO FÍSICO DE ALTA INTENSIDAD EN
NIÑOS:**

**EFECTO DE JUEGOS INTERMITENTES DE ALTA
INTENSIDAD SOBRE LA APTITUD
CARDIORRESPIRATORIA Y LA COMPOSICIÓN
CORPORAL EN ESCOLARES**

Orientador: Prof. Doctor António Labisa Palmeira

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Faculdade de Educação Física e Desporto

Lisboa

2019

TOMÁS RODOLFO REYES AMIGO

**EJERCICIO FÍSICO DE ALTA INTENSIDAD EN
NIÑOS:**

**EFEECTO DE JUEGOS INTERMITENTES DE ALTA
INTENSIDAD SOBRE LA APTITUD
CARDIORRESPIRATORIA Y LA COMPOSICIÓN
CORPORAL EN ESCOLARES**

Tesis presentada para la obtención del Grado de Doctor
en Educación Física y Deporte conferido por la
Universidad Lusófona de Humanidades y Tecnología.

Orientador: Prof. Doctor António Labisa Palmeira

Presidente:

Doutor Jorge dos Santos Proença Martins, FEFD-ULHT

Arguentes:

Doutor Adilson Passos da Costa Marques, FMH-UL

Doutor Juan Luis Hernandez Alvarez, UAM

Vogais:

Doutor Antonio João Labisa da Silva Palmeira, Orientador, FEFD-ULHT

Doutora Raquel Maria dos Santos Barreto Sajara Madeira, FEFD-ULHT

Doutor João Alberto Valente-dos-Santos, FEFD-ULHT

Doutor Francisco Alberto Arruda Carreiro da Costa, FEFD-ULHT

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Faculdade de Educação Física e Desporto

Lisboa

29 abril 2019

Epígrafe

La felicidad es interior; por lo tanto no depende de lo que tenemos sino de lo que somos.

Dedicatoria

A mis padres; Tomás y Patricia, a mi hermana Natalia, a mi amada esposa Andrea y al regalo más bello que me ha dado la vida; mi hija Victoria.

Agradecimientos

En primer lugar quisiera agradecer a mi orientador Profesor Doctor Antonio Labisa Palmeira, por su dedicación, paciencia, constancia, por ser un ejemplo como profesional y persona, además haberme orientado de forma excelente durante estos 3 años proporcionándome todas las herramientas para lograr terminar nuestro trabajo de forma sólida y consistente. También, le agradezco al Doctor Palmeira su objetividad, disponibilidad y dedicación, sin duda es el mejor profesor que he tenido con una capacidad inigualable para explicar cada cosa, ya sea simple o compleja a lo largo de todo este proceso. Finalmente agradecerle al Doctor Palmeira que desde la primera clase (08 enero 2016) despertara en mí el entusiasmo por la ciencia y por creer en mí para terminar esta dura tarea; de verdad Profesor infinitas gracias por hacerme una mejor persona y profesional. Al entrañable Director de este prestigioso programa de doctorado; Profesor Doctor Francisco Carreiro da Costa, quien sin duda es una eminencia en la educación física; pero que por sobre todo siempre estuvo y está a completa disposición para las actividades de este programa doctoral y que además se preocupa por cada estudiante y especialmente por los extranjeros como yo, que llegué sin conocer esta hermosa ciudad y siempre me guió en todo lo que necesitara ofreciéndome su ayuda durante mis estancias en Portugal. Al Doctor Jorge Proença por desarrollar este programa doctoral en la Facultad de Educación Física y Deporte de la Universidad Lusófona. A la Universidad Lusófona por generar espacios de aprendizaje para estudiantes extranjeros y en especial a los funcionarios de la biblioteca Víctor de Sá quienes innumerables veces me ayudaron durante el largo tiempo que pasé en los escritorios estudiando desde las 10:00 a las 22:30, gracias.

Agradezco a la Fundación Ciudad de Lisboa que me recibió y acogió desde el año 2016 en este país desconocido para mí con la ilusión de terminar esta ardua carrera, además me permitió conocer múltiples culturas que sin duda fue un gran aprendizaje para mí.

Agradezco a la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de Playa Ancha por permitirme cursar este programa doctoral junto a la Red Euroamericana de Actividad Física, Educación y Salud quienes en conjunto fortalecen y apoyan el conocimiento de jóvenes docentes que desean ser un aporte a las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

A los establecimientos educacionales Patricio Lynch y Carlos Cousiño por abrirme las puertas y permitirme llevar a cabo tanto las pruebas piloto como la intervención experimental, respectivamente.

A todos mis colegas de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte por aconsejarme y siempre darme aliento a seguir adelante en los momentos adversos.

Unas palabras de afecto a mi familia, siempre presente! Sólo con su apoyo incondicional fue posible terminar este programa doctoral. A mi mujer; Andrea y a mi hija; Victoria. A mis padres; Tomás y Patricia; y hermana Natalia. Sin palabras para una deuda que será eterna!

Resumen

Introducción: El entrenamiento intermitente de alta intensidad (HIIT) ha recibido interés científico los últimos años, debido a los beneficios que ha reportado en variables relacionadas con la salud. El objetivo de este estudio fue analizar los efectos de una intervención en clases de educación física (EF) con ejercicios intermitentes de alta intensidad sobre la aptitud cardiorrespiratoria (APC) y la composición corporal en niños de 9 a 10 años y compararlos con ejercicios de moderada intensidad. Para el cumplimiento de este objetivo se realizaron 4 estudios: I revisión sistemática respecto de HIIT en preadolescentes, II protocolo de estudio planteando la intervención con los ejercicios intermitentes de alta intensidad, III los efectos de juegos intermitentes de alta intensidad en niños y el estudio IV analizando los moderadores del efecto de la intervención. Los estudios III y IV entregaron la información más relevante sobre los efectos. **Métodos:** El protocolo PRISMA fue utilizado en el estudio I. El estudio III fue experimental con 66 estudiantes voluntarios con edades entre 9 y 10 años. Realizaron un pre, post test y follow-up; se formaron 2 grupos; uno de juegos intermitentes de alta intensidad (HIIG) y otro con juegos de moderada intensidad (MIG). Ambos grupos realizaron 2 sesiones por semana durante 3 meses de intervención. La APC fue estimada a través del test de 20 metros ida y vuelta y la composición corporal a través del índice de masa corporal (IMC), circunferencia de cintura (CC), el porcentaje de grasa (BF%) y la suma de pliegues cutáneos. El estudio IV analizó la moderación del estudio experimental. **Resultados:** En el caso de la APC, HIIG aumentó APC post intervención en comparación a la intervención MIG ($F= 35,275$, $P= .026$). El IMC y el IMCz-score no cambió luego de aplicadas las intervenciones en ninguno de los grupos ($F= 1,162$, $P= .287$). Una significativa interacción tiempo×grupo fue observada en la CC ($F= 7,106$, $P= .011$), HIIG incrementa CC mientras que MIG la disminuye. No hubo diferencias en la interacción tiempo×grupo en el BF% ($F= 0,408$, $P= .526$). Este resultado es similar al obtenido en la suma de pliegues. Los moderadores sexo, nivel de madurez sexual y edad no moderaron significativamente la evolución de la APC. Una significativa moderación fue observada en la evolución de CC con los niños de 9 años y en Tanner II mejorando más. **Conclusiones:** HIIG incrementó la APC; mientras que CC se modificó positivamente en MIG. De acuerdo a los resultados de los moderadores es posible señalar que los ejercicios de alta intensidad planteados pueden incorporarse a las clases de EF independientemente del sexo, la etapa de madurez sexual y la edad del estudiante.

Palabras claves: HIIT, Educación Física, niños, aptitud cardiorrespiratoria, composición corporal

Resumo

Introdução: O treino intervalado de alta intensidade (HIIT) tem sido objecto de interesse científico nos últimos anos, devido aos benefícios que têm sido reportados em variáveis relacionadas com a saúde. Este estudo objectivou analisar os efeitos de uma intervenção em aulas de Educação Física (EF) com exercício intermitentes de alta intensidade sobre a condição cardiorrespiratória (APC) e composição corporal em crianças de 9 e 10 anos, comparando-os com exercícios de intensidade moderada. Para se cumprir este objectivo, realizaram-se 4 estudos: I) revisão sistemática acerca do HIIT em pré-adolescentes, II) protocolo de estudo sobre a intervenção com o HIIT, III) efeitos dos jogos intermitentes de alta intensidade em crianças e, IV) análise dos moderadores do efeito da intervenção. Os estudos III e IV fornecem as informações mais relevantes sobre os efeitos. **Métodos:** O estudo I seguiu o protocolo PRISMA, no estudo III experimental participaram 66 estudantes voluntários com idades entre os 9 e 10 anos, num desenho experimental com pré- e pós-teste e follow-up; formando-se 2 grupos, um de jogos intermitentes de alta intensidade (HIIG) e outro com jogos de moderada intensidade (MIG). Ambos os grupos realizaram 2 sessões por semana durante 3 meses. A APC foi estimada através do teste vai-vém de 20 metros e a composição corporal através do IMC, circunferência de cintura (CC), percentagem de massa gorda (BF%) e soma das pregas subcutâneas. O estudo IV analisou a moderação do estudo experimental. **Resultados:** Na APC, os HIIG aumentaram a APC pós-intervenção quando comparados com o os MIG ($F= 35,275$, $P= .026$). O IMC e o IMCz-score não se alteraram em qualquer uma das intervenções ($F= 1,162$, $P= .287$). Verificou-se uma interação significativa tempo x grupo na CC ($F= 7,106$, $P= .011$), o HIIG aumentou a CC enquanto que o MIG a diminui. Não se verificaram diferenças na interacção tempo x grupo na BF% ($F= 0,408$, $P= .526$). Este resultado foi similar ao obtido na soma das pregas. O sexo, estadio de maturação e idade não moderam a evolução da APC. Uma moderação significativa foi observada na evolução da CC, com os mais jovens e com estadio 2 de maturação a melhorarem mais na CC. **Conclusões:** O HIIG aumentou o APC; enquanto a CC evoluiu positivamente a MIG. De acordo com os resultados dos moderadores, é possível realçar que os exercícios de alta intensidade propostos podem ser incorporados nas aulas de EF independente do sexo, estágio de maturidade sexual e idade do estudante.

Palavras-chaves: HIIT, Educação Física, crianças, aptidão cardiorrespiratória, composição corporal

Abstract

Introduction: high intensity intermittent training (HIIT) has been in the eye of the scientific community in the last few years due to the benefits reports in variables connected to health. The aim of this research was to analyze the effects of a physical education (PE) class intervention with intermittent exercises of high intensity over the fitness cardiorespiratory (CRF) and the body composition of children between 9 and 10 years old, and then compare them with moderate intensity exercises. In order to reach this aim 4 studies were carried out: 1) systematic review of HIIT in pre-adolescents, 2) study protocol presenting the intervention with intermittent exercises of high intensity, 3) the effect of intermittent games of high intensity in children, and 4) the analysis of the moderators of the intervention effect. Studies, III and IV provide the most relevant information about the effects. Method: study 1 followed a PRISMA protocol. The study III; experimental study consisted of 66 volunteer students, ages 9 and 10. Study III was experimental with 66 students; experimental design with a pre-test, post-test, and a follow-up test. 2 groups were formed: one with intermittent games of high intensity (HIIG) and a second one with moderate intensity games (MIG). Both groups completed 2 sessions per week for 3 months. The CRF was estimated through a 20-meter running test, and the body composition through the body mass index (BMI), waist circumference (WC), the percentage of fat (BF%), and the sum of skinfold. Study IV analyzed the moderation of the experimental study. Results: in the case of CRF, HIIG increased CRF post intervention in comparison with the MIG intervention ($F= 35.275$, $P=.026$). The BMI and de BMIz-score did not change after conducted the interventions in any of the groups ($F= 1,162$, $P=.287$). A significant increase timeXgroup was seen in the WC ($F= 7,106$, $P=.011$), HIIG increases WC while MIG decreases it. There were no differences in the interaction timeXgroup in the BF% ($F= 0,408$, $P=.526$). This results is similar to the one obtained in the skinfold sum. The moderators of sex, level of sexual maturity, and age did not significantly moderate the evolution of CRF. An important moderation was observed in the evolution of WC with 9-year-old children and it was even greater in Tanner II. Conclusions: HIIG increased CRF; while WC was positively modified in MIG. Considering the results of the moderators, it is possible to state that high intensity exercises can be incorporated in PE classes regardless of sex, sexual maturity stage, and age of the student.

Keywords: Physical education, children, cardiorespiratory fitness, body composition.

Abreviaturas

EF / PE – Educación Física / Physical Education

AF / PA – Actividad Física / Physical Activity

APC / CRF – Aptitud Cardiorrespiratoria / Cardiorespiratory Fitness

ECV / CDV – Enfermedades Cardiovasculares / Cardiovascular Disease

IMC / BMI – Índice de Masa Coporal / Body Mass Index

HIIT – Entrenamiento Intermitente de Alta Intensidad / High Intensity Intermittent Training

RCT – Randomized Control Trial / Estudio Aleatorio Controlado

VO_{2max} – Consumo Máximo de Oxígeno / Maximum Oxygen Uptake

20mSRT – 20 metros Ida y Vuelta / Shuttle Run Test

CS – Comportamiento Sedentario / Sedentary Behavior

BIA – Impedancia Bioeléctrica / Bioelectrical Impedance

HIIG – Juegos Intermitentes de Alta Intensidad / High Intensity Intermittent Games

MIG – Juegos de Moderada Intensidad / Moderate Intensity Games

BF% – Porcentaje de Grasa Corporal / Body Fat Percentage

CC / WC – Circunferencia de Cintura / Waist Circumference

PRISMA – Elementos de Informe Pertinentes para Revisiones Sistemáticas y Meta-análisis / Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

EPHPP – Evaluación de la Calidad de Estudios Cuantitativos / Quality Assessment tool for Quantitative Studies

ITT – Intention to Treat / Intención de Tratar

SPIRIT – Ítems del Protocolo Estándar: Recomendaciones para los Ensayos de Intervención

RPE – Indicador de Percepción de Esfuerzo o Rango de Esfuerzo Percibido

Índice general

Capítulo I – Introducción.....	13
1.1 Introducción	13
1.2 Organización del trabajo	15
1.3 Problemática	16
1.4 Objetivos de estudio.....	20
Capítulo II – Marco Teórico.....	22
2.1 Educación Física y su Rol en la Salud.....	22
2.2 Fitness versus Fatness	23
2.3 Método de Entrenamiento Intermitente de Alta Intensidad	23
2.4 Condición Física: Aptitud Cardiorrespiratoria (APC).....	25
2.5 Composición Corporal	27
2.6 Nivel de Actividad Física y Comportamiento Sedentario.....	29
Capítulo III – Método.....	31
3.1 Diseño experimental	31
3.2 Participantes.....	31
3.3 Variables.....	31
3.4 Tamaño de la muestra.....	32
3.5 Instrumentos	32
3.6 Análisis estadístico.....	33
Capítulo IV – Estudios desarrollados	34
4.1 Estudio I – Effectiveness of High-Intensity Interval Training on cardiorespiratory fitness and body composition in preadolescents: A systematic review.....	34
4.1.1 Abstract.....	34
4.1.2 Introduction	35
4.1.3 Method.....	36
4.1.4 Results	37
4.1.5 Discussion.....	42
4.1.6 Limitations.....	43
4.1.7 Conclusion.....	44
4.1.8 References	44
4.2 Estudio II – Efecto de juegos intermitentes de alta intensidad sobre la aptitud cardiorrespiratoria y la composición corporal en escolares: Protocolo de un estudio aleatorio controlado.....	48
4.2.1 RESUMEN	48
4.2.2 INTRODUCCIÓN.....	49
4.2.3 OBJETIVOS.....	50
4.2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	51
4.2.5 MÉTODO	51
4.2.6 REFERENCIAS	58
4.3 Estudio III – Effect of high-intensity versus moderate-intensity games on cardiorespiratory fitness and body composition in school children.	63
4.3.1 Abstract.....	63
4.3.2 Materials and Methods	66
4.3.3 Results	70
4.3.4 Discussion.....	75
4.3.5 Study Limitations	79

4.3.6 Conclusions	79
4.3.7 References	80
4.4 Estudio IV– Moderators of the effect of high-intensity and moderate-intensity games in school children on cardiorespiratory fitness and body composition	86
4.4.1 Abstract.....	86
4.4.2 Introduction	87
4.4.3 Methods	90
4.4.4 Results	93
4.4.5 Discussion.....	97
4.4.6 Conclusions	101
4.4.7 References	102
Capítulo V – Discusión General	110
5.1 Revisión de artículos.....	110
5.3 Moderadores de la intervención	113
5.4. Limitaciones del estudio.....	115
5.5 Indicaciones futuras	116
5.6 Consideraciones finales	116
Capítulo VI - Conclusiones	118
Referencias Bibliográficas	119
Apéndice	132

Índice Tablas

TABLA 1 MAIN CHARACTERISTICS OF THE STUDIES INCLUDED IN THIS REVIEW	39
TABLE 2 RESULTS CARDIORESPIRATORY FITNESS	40
TABLE 3 RESULTS BODY COMPOSITION	41
TABLA 4 DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN	53
TABLE 5 PHYSICAL CHARACTERISTIC DATA IN MEAN (\pm SD) FOR HIIG AND MIG GROUPS IN BASELINE	70
TABLE 6 PARTICIPANT DESCRIPTION AT BASELINE AND POST-INTERVENTION ASSESSMENTS FOR CHILDREN RANDOMISED TO THE HIIG AND MIG CONDITIONS	71
TABLE 7 PARTICIPANT DESCRIPTION AT BASELINE, POST-INTERVENTION AND FOLLOW-UP ASSESSMENTS FOR CHILDREN RANDOMISED TO THE HIIG AND MIG CONDITIONS. INTENTION TO TREAT	72
TABLE 8 PARTICIPANT DESCRIPTION AT BASELINE, POST-INTERVENTION AND FOLLOW-UP ASSESSMENT FOR CHILDREN RANDOMISED TO THE HIIG AND MIG CONDITIONS. COMPLETERS-ONLY DATA	72
TABLE 9 PHYSICAL CHARACTERISTICS DATA IN MEAN (\pm SD) FOR HIIG AND MIG GROUPS IN BASELINE	93
TABLE 10 REGRESSION COEFFICIENTS OF THE MODERATORS ON Δ CARDIORESPIRATORY FITNESS, Δ VALUE OF BF%, WC, BMI Z-SCORE, SKINFOLDS SUM IN THE EFFECTS OF HIIG VS. MIG	95

Índice Figuras

FIGURE 1 - IDENTIFICATION FLOW, SCREENING, ELIGIBILITY OF ARTICLES IN THE SYSTEMATIC REVIEW.....	37
FIGURA 2 - LISTA DE VERIFICACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE EL RECLUTAMIENTO DE LOS VOLUNTARIOS Y LAS VARIABLES EVALUADAS EN CADA PERIODO. HIIG JUEGOS INTERMITENTES DE ALTA INTENSIDAD; MIG JUEGOS DE INTENSIDAD MODERADA.	51
FIGURA 3 - DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ALEATORIZACIÓN DEL ESTUDIO. PROPORCIONA INFORMACIÓN DETALLADA SOBRE EL RECLUTAMIENTO DE LOS VOLUNTARIOS Y LAS MEDICIONES DE CONTROL EN EL ESTUDIO. T1 MOMENTO 1, T2 MOMENTO 2, T3 MOMENTO 3, T4 MOMENTO 4.	54
FIGURE 4 - CONSORT PARTICIPANTS FLOW DURING THE STUDY. HIIG, HIGH-INTENSITY INTERMITTENT GROUP; MIG, MODERATE-INTENSITY GROUP; ITT, INTENTION-TO-TREAT.	67
FIGURE 5 - VO_{2MAX} PRE-POST INTERVENTION (A), PRE-POST INTERVENTION AND FOLLOW-UP ITT (B), PRE-POST INTERVENTION AND FOLLOW-UP COMPLETERS-ONLY DATA (C).....	73
FIGURE 6 - RESULTS MODERATION-INTERACTION. (A) ΔWC -SEXUAL MATURITY STAGE; (B) ΔBMI Z-SCORE-SEXUAL MATURITY STAGE; (C) ΔBMI Z-SCORE-AGE.....	96

Capítulo I – Introducción

1.1 Introducción

El punto de partida de un trabajo doctoral se da mucho antes de comenzar de manera concreta un programa establecido; ya sea nacional o internacional. Un doctorado se inicia con las inquietudes propias de un estudiante de pregrado por conocer todo lo relacionado con la educación física (EF) en sus diferentes aristas, luego esta búsqueda del saber sigue con la profundización de un tópico especial en el maestreado; esta inquietud constante de un investigador lo lleva a tomar uno de los caminos más complejos de la vida académica; el doctorado.

El desarrollo de un proyecto de investigación con el fin de obtener el grado de doctor es un camino largo y complicado; sin embargo es de suma importancia; ya que permite colaborar con la ciencia aportando conocimiento respecto de una temática en particular. Esto requiere de un estudio profundo, minucioso, riguroso y acabado de algún aspecto relevante para el conocimiento científico.

El ejercicio físico en niños y adolescentes siempre ha sido un tema controversial debido a las diferentes formas de abordar los tipos de métodos, ejercicios y estímulos que responden al entrenamiento de esta población en particular; ya que los niños no son adultos en miniatura; por tanto es necesario adaptar actividades para el normal desarrollo físico y comportamental de niños y jóvenes (Ratel et al., 2004).

En la actualidad la salud de niños y adolescentes no es de las mejores, debido al incremento de los niveles de inactividad física, comportamientos sedentarios (CS) y enfermedades como la obesidad, diabetes, síndrome metabólico, entre otras (Hay et al., 2012). Ante este panorama se hace necesario un rol protagónico de la EF y del deporte para así colaborar y ser un aporte desde el sistema escolar en las políticas públicas que estén orientadas al bienestar y autocuidado de la población (Sallis & McKenzie, 1991). Dicho lo anterior es que los profesores de EF deben estar calificados en diferentes aspectos incluida la prescripción y la recomendación de ejercicio físico orientado a la salud (Sallis et al., 2012). Estamos ante un escenario en donde lo esencial es garantizar la promoción de hábitos de actividad física (AF) y promocionar la importancia de la clase de EF; por lo cual la elección de las actividades para la clase debe ser cuidadosa y específica. Además de lo anterior es fundamental que la clase de EF promueva gusto por la práctica deportiva y la adhesión a la AF a lo largo de la vida en una perspectiva de salud (Dobbins et al., 2013).

El desarrollo de proyectos de investigación en niños y adolescentes no es fácil debido a las múltiples miradas y aristas respecto del ejercicio físico y su relación con la salud; sin embargo es de extrema necesidad propiciar un ambiente que promueva al ejercicio como elemento primordial en la salud de las personas; por tanto desde una perspectiva de salud pública (Blair, 2009). Esto se debe a los alarmantes números respecto de niños y adolescentes que no cumplen con las recomendaciones de AF y que presentan una disminución de la condición física a temprana edad (Janssen & LeBlanc, 2010). Lo señalado anteriormente ha tenido severas consecuencias en la salud de los niños que se mantiene y profundiza en la edad adulta (Lee et al., 2012).

La información existente acerca de la falta de AF en la población mundial y el insuficiente énfasis que se coloca en la intensidad de los ejercicios que se realizan genera la necesidad de nuevas ideas que permitan aprovechar el tiempo que se dedica a la realización de AF a través de actividades lúdicas que posibiliten el disfrute por el movimiento y que tengan un impacto en algún marcador de salud como la aptitud cardiorrespiratoria (APC) con el objetivo de colaborar en mejorar la calidad de vida de las personas (Smith et al., 2015).

El proyecto “Efecto del Entrenamiento Intermitente de Alta Intensidad sobre la APC y la Composición Corporal en Escolares”, es una de las respuestas que esta investigación busca aportar al problema multidimensional de la inactividad física. Para llevar a cabo este proyecto fue necesario construir un equipo de trabajo amplio con estudiantes de pregrado de EF y posgrado (programa de Magister en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte), colaboración de académicos con grado de doctor y profesionales del área de la nutrición. Las etapas y los procesos de investigación fueron pensadas y repensadas junto al equipo de trabajo con el fin de realizar un trabajo de calidad. Para este trabajo se crearon vínculos con dos establecimientos educacionales que permitieron realizar la prueba piloto y la intervención.

El inicio del proyecto está marcado por la solicitud de autorización del Comité de Bioética de la Universidad de Playa Ancha, Chile (01/2017) y el Registro del Estudio en ClinicalTrials PRS; identificador: NCT038500. Luego se solicitó al primer colegio la autorización para llevar a cabo la prueba piloto que tuvo una duración de 2 semanas. Posteriormente se obtuvo la autorización del colegio en el cual se aplicaría la intervención. Una vez recolectado todos los consentimientos y asentimientos se aplicaron las mediciones y los programas de ejercicio. Para la aplicación de la intervención fue fundamental la colaboración de los profesores de EF de los colegios; ya que lo realizado en el proyecto busca esencialmente aportar una alternativa de actividades basada en la evidencia para profesores de

EF; en contexto escolar.

Este proyecto es el inicio de un largo camino por esta línea de investigación que permite explorar el efecto de un método de entrenamiento orientado a la salud que actualmente es de gran interés científico; ya sea por visiones encontradas respecto de su implementación como política de salud pública o por los beneficios que produce a nivel cardiorrespiratorio, composición corporal, metabólico, entre otros. Esperamos que esta tesis refleje el extenso recorrido realizado en búsqueda de conocimiento que permita aportar al desarrollo de la EF y del deporte generando nuevas preguntas o inquietudes para nuevos proyectos de investigación.

1.2 Organización del trabajo

Este trabajo está organizado en seis capítulos y está estructurado de acuerdo con la tendencia creciente que se ha verificado en la organización de este tipo de trabajos académicos, el trabajo considera la producción de artículos científicos derivados de los estudios concretizados en el marco del proyecto de la Tesis, de acuerdo a las normas para la elaboración y presentación de Tesis de doctorado.

En el primer capítulo, se presenta la introducción del trabajo y los aspectos generales que motivan el trabajo en relación a la elección de la problemática del estudio. En este capítulo también se presenta la organización del trabajo, el problema y el objetivo genérico del estudio.

En el segundo capítulo, se expone el marco teórico que presenta las más importantes referencias científicas que sirvieron de base para el desarrollo de los diversos estudios realizados en el proceso de este proyecto.

En el tercer capítulo, se hace una amplia y objetiva referencia al método utilizado para la concreción del proyecto, aún considerando la especificidad descrita en cada uno de los artículos producidos.

En el cuarto capítulo, se presentan los cuatro estudios realizados dos estos ya publicados y los otros dos sometidos. Uno de estos artículos está en lengua española y tres en lengua inglesa. Los artículos contemplados en este capítulo son una revisión sistemática, un protocolo de estudio, un estudio de los efectos de la intervención y finalmente el artículo de los moderadores de los efectos de la intervención.

En el quinto capítulo, se hace la discusión general de la Tesis, estructurada de tal forma que permita la articulación de los trabajos entre los diversos resultados obtenidos en los

estudios realizados. En este capítulo, también se presentan todas las limitantes observadas durante la investigación, así como las pertinentes implicaciones prácticas que derivan de los resultados y su interpretación a la luz de la evidencia científica reciente, terminando con la conclusión general de la Tesis.

Finalmente en el sexto capítulo se presentan las conclusiones más importantes del proyecto desprendida de los resultados y discusiones de los artículos desarrollados.

1.3 Problemática

La AF está asociada con una gran cantidad de beneficios para la salud, sin embargo la mayoría de los niños y los adolescentes no cumplen con las recomendaciones internacionales (Metcalf et al., 2012). La recomendación para los establecimientos educacionales es que provean principalmente a escolares y preescolares constantemente de oportunidades para realizar AF; ya sea ligera, moderada o vigorosa durante al menos 15 minutos diarios (Mcguire, 2012).

Hoy en día, las recomendaciones de AF respecto de su impacto en la salud son el resultado de la presencia de factores de riesgo cardio-metabólicos (inactividad física, dislipidemia, intolerancia a la glucosa, hipertensión y obesidad) que lamentablemente son cada vez más prevalentes en jóvenes de países desarrollados o en vías de desarrollo (Rendo-Urteaga et al., 2015; Rey-López et al., 2013). Esto es un asunto preocupante para la población futura y los centros de salud, ya que los factores de riesgo cardio-metabólicos en niños y adolescentes pueden conducir a enfermedades coronarias y mortalidad en la edad adulta (Lee et al., 2012; Rendo-Urteaga et al., 2015).

Los estudios acerca de la inactividad física en los niños no sólo se deben utilizar para desarrollar políticas de salud pública y escolar para promover la AF, sino que también deben servir como iniciativa para los investigadores para el desarrollo de estudios en esta área. Desde esta perspectiva, los académicos de diversas partes del mundo deben unir fuerzas para hacer frente a esta problemática y luchar contra la inactividad física global y la epidemia de obesidad mediante la realización de investigaciones científicas de forma rigurosa que se centran en el diseño y la evaluación de intervenciones de AF en escuelas con el objetivo de diseminar información acerca de programas efectivos de intervención en AF; y desarrollar e implementar políticas y pautas de promoción de AF para niños y jóvenes (Li & Chen, 2017). Este problema de la inactividad física tiene relación con enfermedades como la obesidad y esto repercute directamente en la condición física de las personas; por lo tanto las acciones

diseñadas para mejorar la condición física y la composición corporal en etapas tempranas son urgentemente necesarias para revertir esta situación (Zahner et al., 2006).

De acuerdo a Fernández & Zanesco (2015) la participación de los niños en diferentes tipos de AF programada durante la etapa escolar tiene una asociación positiva con bajas probabilidades de tener enfermedades crónicas en la edad adulta. Existe evidencia que muestra los efectos beneficiosos de la AF sobre la APC, fuerza muscular, habilidades motoras, composición corporal, función ejecutiva, rendimiento académico, presión arterial, glucosa sanguínea y salud ósea (Floriani & Kennedy, 2008; Kumar et al., 2015; Lambrick et al., 2016; Sardinha et al., 2014), sin embargo los niños no cumplen las recomendaciones internacionales de AF (Metcalf et al., 2008).

La condición física integra a la mayoría de las funciones corporales involucradas en el desempeño de las actividades físicas diarias y/o el ejercicio físico. Esta es la razón por la cual la condición física hoy en día se considera uno de los marcadores de salud más importantes, así como un indicador de morbilidad y mortalidad para diagnosticar enfermedades cardiovasculares (ECV) (Golle et al., 2015; Metter et al., 2002; Ortega et al., 2008).

La variable APC la cual se puede definir como la capacidad de suministrar oxígeno a los músculos y usarla para generar energía durante el ejercicio físico, actualmente se reconoce como un potente marcador de salud en niños, jóvenes y adultos (Dennison et al., 1988; Ortega et al., 2008; Astrand & Ryhming, 1954). Existe evidencia que muestra una clara relación entre los niveles de APC y las ECV en edades tempranas (Boreham et al., 2001). La evidencia indica que el mejor indicador del estado de la APC en niños es la potencia aeróbica máxima (Castro-Piñero et al., 2012; Hamlin et al., 2014). Considerando que la APC baja está fuertemente asociada con la agrupación de factores de riesgo de ECV en niños independientes del país, la edad y el sexo (Anderssen et al., 2007), surge la problemática de cómo generar intervenciones con ejercicios físicos seguros y eficientes que reviertan esta situación.

Las características antropométricas, como el exceso de peso corporal y el aumento de la acumulación de grasa abdominal, junto a la falta de AF y la adopción de malos hábitos alimenticios, se asocian de manera directa con una deficiente condición física en la infancia y la adolescencia (Arnaoutis et al., 2018).

La alta prevalencia de obesidad infantil, es un problema multidimensional, que se ha mantenido relativamente constante en los últimos diez años en todo el mundo, sin evidencia de disminución (Ogden et al., 2010). Es muy importante reducir el índice de prevalencia de la

obesidad infantil; ya que su salud se ve afectada.

Existe evidencia de que el deterioro de la condición física va acompañado de alteraciones en la composición corporal en particular se produce un incremento de la masa grasa en el cuerpo (Albon et al., 2010). La relación entre la composición corporal y la salud en niños ha adquirido mayor importancia debido a los problemas de salud que conlleva el exceso de grasa en el cuerpo y a la necesidad de estudiar la prevalencia de la obesidad en niños y jóvenes, y por tanto investigar los patrones comunes que inciden en el aumento de grasa en la infancia y en la edad adulta (Lohman et al., 2013). La evidencia científica indica que es muy importante prevenir las modificaciones en la composición corporal en cuanto al aumento de la masa grasa durante la infancia con el objeto de reducir los riesgos de enfermedades crónicas (de Onis et al., 2013). Un enfoque que tiene potencial para abordar la alta prevalencia de niños con baja condición física e incremento de grasa corporal son intervenciones que coloquen énfasis en el tiempo y la intensidad de la AF (Lau et al., 2014).

Debido al problema que genera el incremento de la obesidad y la inactividad física; desde hace algunos años se ha estudiado ampliamente este fenómeno y por tanto hay investigaciones que muestran resultados respecto de personas con enfermedades cardiometabólicas (e.g. diabetes, insulino resistencia), pero con un alto nivel de APC tienen una menor posibilidad de padecer cáncer en comparación con personas enfermas pero con un bajo nivel de APC (Stevens et al., 2002). Resultados como los mostrados por Stevens aportan al cuestionamiento; “Fitness vs Fatness”, es decir, es de conocimiento científico el que exceso de masa grasa produce obesidad, lo cual es un importante factor de riesgo cardiovascular, la incógnita está en cómo se debe tratar este factor de riesgo; ¿disminuyendo la excesiva masa grasa o mejorando la condición física?. Como muestra Fogelholm (2010) el riesgo de mortalidad cardiovascular fue menor en individuos con un índice de masa corporal (IMC) alto y una buena APC, en comparación con personas con IMC normal y APC deficiente. A pesar de los resultados planteados, hay evidencia de que no siempre hay interacción significativa entre la condición física y la masa grasa en hombres o mujeres; por lo tanto algunos autores concluyen que tanto la condición física como el exceso de grasa son factores de riesgo para la mortalidad, por lo cual ambos deben ser tratados sin priorizar (Thompson et al., 2008), sin embargo Barry et al., (2014) insiste en que los esfuerzos deberían centrarse en el nivel de AF y en la APC de las personas en lugar de la pérdida de peso para prevenir el riesgo de mortalidad.

Los antecedentes planteados subyacen una problemática que genera la necesidad de

investigar acerca de intervenciones y estrategias tanto en el contexto escolar como fuera de éste; por tanto, este es un estudio que se encuentra en línea con la investigación científica más reciente respecto de los efectos de ejercicios de alta intensidad y sus efectos en variables de la condición física relacionadas con la salud (Boutcher, 2011); es decir el presente estudio busca resolver incógnitas en la dosis-respuesta respecto un método de ejercicio físico que pueda ser aplicado bajo evidencia científica con el objeto de impactar positivamente en la salud de niños y jóvenes. La escuela está en una posición central para colaborar en la formulación de políticas para optimizar la contribución de la EF en la salud desde la etapa infantil (McKenzie et al., 2004); motivo por el cual actualmente resultan necesarios nuevos programas de AF que incrementen en los escolares la intensidad de las actividades (moderada-vigorosa) con el fin de que esta tenga un impacto en la salud (Sallis et al., 2012).

Actualmente es temática de interés científico la aplicación de diferentes métodos para el desarrollo de la APC (Corte de Araujo et al., 2012; Keating et al., 2014). Uno de los métodos estudiados es el entrenamiento intermitente de alta intensidad (HIIT), el cual sigue los patrones de AF habitual de los niños, es decir, de naturaleza intermitente, caracterizados por cambios rápidos del reposo a actividades vigorosas (Howe et al., 2010). HIIT ofrece infinitas variantes manteniendo la naturaleza del estímulo y las intervenciones con este método han reportado resultados positivos en la APC (Baquet et al., 2010; Gibala et al., 2012). Revisiones sistemáticas entorno a este método (Costigan et al., 2015; Logan et al., 2014) señalan que existen hallazgos respecto de efectos positivos de HIIT en niños y adolescentes sobre la composición corporal, específicamente la masa grasa.

De acuerdo a lo anterior, cobra relevancia este estudio, ya que contribuye al conocimiento científico estudiando los efectos de este nuevo método de HIIT en niños, el cual aún carece de claridad total en cuanto a su aplicación e implementación (Biddle & Batterham, 2015).

En conclusión, considerando la problemática presentada y las evidencias científicas más actuales, se planteó la siguiente pregunta de investigación:

1. ¿Cuáles son los efectos de una intervención con ejercicios intermitentes de alta intensidad sobre la APC y la composición corporal en niños en edad escolar de 9 a 10 años?

1.4 Objetivos de estudio

A partir de la problemática evidenciada, se definió un objetivo genérico que direccionó todo el proyecto de la Tesis, operacionalizado de forma específica en cada uno de los estudios, teniendo en cuenta la amplia comprensión de la problemática en cuestión. De este modo, el objetivo genérico trazado fue:

Analizar los efectos de una intervención en clases de EF con ejercicios intermitentes de alta intensidad sobre la APC y la composición corporal en niños de 9 a 10 años y compararlos con ejercicios de moderada intensidad.

A partir de esta intención general, la operacionalización específica del objetivo genérico ha conducido a la definición de un objetivo para cada uno de los estudios.

Estudio I: "Effectiveness of High-Intensity Interval Training on cardiorespiratory fitness and body composition in preadolescents: A systematic review".

En el Estudio I, el objetivo principal fue revisar la literatura publicada sobre la efectividad de las intervenciones con HIIT en la APC y la composición corporal en preadolescentes.

El estudio busca conocer la evidencia científica en torno a los ejercicios de alta intensidad en la etapa prepuberal principalmente en la aplicación implementación y las de diferentes intervenciones.

Este estudio fue publicado en la *European Journal of Human Movement* con la siguiente referencia: Reyes-Amigo, T., Gómez, M., Gallardo, M., & Palmeira, A. (2017). Effectiveness of high-intensity interval training on cardiorespiratory fitness and body composition in preadolescent: A systematic review. *European Journal of Human Movement*, 39, 32–47.

Estudio II: "Efecto de juegos intermitentes de alta intensidad sobre la APC y la composición corporal en escolares: protocolo de un estudio aleatorio controlado".

En lo que se refiere al Estudio II, el principal objetivo fue presentar el racional teórico y el diseño del estudio; procurando establecer una aplicación e implementación y respuesta del método intermitente de alta intensidad en niños.

Este estudio se presentó en el sentido de que el protocolo de intervención puede ser permanentemente perfeccionado. Adicionalmente, este estudio permitió caracterizar a los grupos; Juegos intermitentes de alta intensidad (HIIG) y Juegos de moderada intensidad (MIG) y detallar tiempos y actividades de la intervención.

Este estudio fue publicado en la *Revista Gymnasium* con la siguiente referencia:

Reyes-Amigo, T.; Soto-Sánchez, J. & Palmeira, A. (2018). Efecto de juegos intermitentes de alta intensidad sobre la aptitud cardiorrespiratoria y la composición corporal en escolares: Protocolo de un estudio aleatorio controlado. *Gymnasium*, 3(1), 1–10.

Estudio III: “Effect of high-intensity versus moderate-intensity games on cardiorespiratory fitness and body composition in school children”.

En lo que concierne a este estudio; su principal objetivo fue verificar los efectos de una intervención de 11 semanas de juegos de alta y moderada intensidad sobre la APC y la composición corporal en escolares.

En el estudio III fue posible presentar resultados finales del porcentaje de grasa (BF%), circunferencia de cintura (CC), IMC, IMCz-score, suma de pliegues y APC de los tres momentos de medición; pre-test, post-test y follow-up.

Este estudio fue sometido a la revista *Journal of Physical Activity & Health*; encontrándose en el proceso de revisión de pares.

Estudio IV: “Moderators of the effect of high-intensity and moderate-intensity games in school children on cardiorespiratory fitness and body composition”.

En cuanto al estudio IV, el objetivo principal fue analizar los moderadores sexo, estado de maduración sexual y edad en la intervención con ejercicio de alta y moderada intensidad sobre el Δ APC y el Δ de composición corporal.

Este estudio presenta información acerca de los efectos de la aplicación de este tipo de intervenciones bajo diferentes condiciones moderadoras; para poder señalar a quiénes les es más o menos beneficioso realizar estas actividades en términos de APC y composición corporal.

Este estudio fue sometido a la revista *Journal of Teaching in Physical Education*, encontrándose en proceso de revisión por pares.

En resumen, la organización secuencial de los cuatro manuscritos desarrollados buscó principalmente la comprensión progresiva de la problemática en estudio, en el intento de dar cumplimiento al principal objetivo del trabajo y añadiendo evidencia científica al conocimiento existente actualmente.

Capítulo II – Marco Teórico

Hoy en día la investigación científica ha colocado gran atención en el ámbito pediátrico buscando caracterizar diversos tipos de intervenciones en relación a la condición física desde la infancia hasta la adultez; por tanto los estudios experimentales han sido claves para la obtención de información.

La práctica de AF está estrechamente relacionada con beneficios para la salud, sin embargo; gran parte de la población infantil no cumple con las recomendaciones internacionales (Metcalf et al., 2012). Dicho lo anterior, es importante revisar el rol de la EF y su aporte en la salud en términos de la condición física y variables como la APC y la composición corporal.

2.1 Educación Física y su Rol en la Salud

La EF es una parte integral del currículum educativo de varios países del mundo (e.g. United States) (Sallis & McKenzie, 1991). Hace ya a lo menos 25 años existe evidencia de que la gran mayoría de los estudiantes en la primera etapa escolar participa de las clases de EF de forma constante; sin embargo esta van disminuyendo a medida que pasan a niveles superiores de educación (Ross et al., 1985).

Históricamente la EF ha estado asociada al desarrollo de la condición física, a promover aspectos sociales y morales; además del fomento de la participación en deportes competitivos. La función de la EF en los deportes desde hace años ha sido cuestionada debido a algunos problemas de salud que se presentan con la practica deportiva insuficientemente supervisada, por tanto la Academia Americana de EF, la Academia Americana de Pediatría y el Colegio Americano de Medicina del Deporte, desde los años 80 ha colocado un fuerte énfasis en la relación de la EF con la salud; este énfasis continúa en la actualidad y con mayor fuerza (Datar & Sturm, 2011; Lee et al., 2007).

Mckenzie et al., (1995) y Sallis et al., (2012) señalan que en el currículo escolar, la clase de EF debe ser la instancia que promueva la importancia de la AF regular, ya que esta constituye el único tiempo en el que a lo menos la mitad de la población infantil realiza algún tipo de AF; por lo tanto esta asignatura puede influir no sólo sobre el gasto energético o la condición física, sino también en el gusto por diferentes actividades físicas, y de esta forma niños y adolescentes incorporen este aspecto a su estilo vida (Moreno et al., 2012). En razón de los resultados obtenidos por Datar & Sturm, (2011) quienes señalan que ampliando la

oferta y la calidad de las actividades en las clases de EF podría ser una eficaz herramienta para combatir la inactividad física y la obesidad en edades tempranas.

Lee et al., (2007) señalan que para mejorar la EF y la AF en las escuelas, es necesario un enfoque general en los niveles; regional, comunal y de país. Los fundamentos, las prácticas y un desarrollo integral de políticas nacionales de AF podrían permitir que las escuelas mejoren las oportunidades para que los estudiantes se conviertan en adultos físicamente activos.

2.2 Fitness versus Fatness

La obesidad está aumentando en proporciones epidémicas en los Estados Unidos y en general en los países industrializados; es decir la mayor parte del mundo occidental (Guthold et al., 2018); este fenómeno se da debido a la falta de AF y la sobrealimentación (Flegal et al., 2012). El sobrepeso y la obesidad están asociados con un aumento en casi todos los factores de riesgo de ECV como la presión arterial, lipoproteínas circulantes, glucosa sanguínea, entre otros (Lee et al., 2012) lo cual se traduce en una sociedad más enferma.

Actualmente uno de los principales factores de riesgo asociado con las enfermedades cardiometabólicas es la insuficiente condición física principalmente una deficiente APC que no sólo afecta a este tipo de enfermedades sino que también tiene relación con el cáncer (Thompson et al., 2008). De acuerdo a lo planteado es que desde hace 3 décadas la ciencia se ha planteado la interrogante respecto de la importancia de la APC en la mortalidad de las personas asociada a enfermedades cardiometabólicas; como por ejemplo la obesidad. En relación a lo señalado es que el estudio de la condición física y su impacto en la salud debe ser largamente investigado sobre todo por los altos niveles de inactividad de hoy en día (Guthold et al., 2018). Respecto de la APC y su importancia en la salud de la población es que los datos recopilados consideran que la APC es el indicador más importante a tener en cuenta o al menos ser tan importante como el aumento de la grasa corporal (Kennedy et al., 2018); por tanto; la prevención de una condición física deficiente en especial APC debería ser primordial para la salud de los países desarrollados o en vías de desarrollo.

2.3 Método de Entrenamiento Intermitente de Alta Intensidad

Actualmente es temática de interés científico la aplicación de diferentes métodos para el desarrollo de la condición física y principalmente APC debido a que es un potente marcador de salud sobre todo del sistema cardiovascular y las funciones metabólicas (Corte

de Araujo et al., 2012; Keating et al., 2014). Tradicionalmente, el entrenamiento aeróbico de baja a moderada intensidad ha sido el tipo de ejercicio más recomendado para mejorar la composición corporal, las capacidades físicas y parámetros físicos relacionados con la salud (e.g. presión arterial, resistencia a la insulina, perfil lipídico) en personas sanas y obesas (Donnelly et al., 2009). A pesar de lo señalado por Lussier & Buskirk, (1977), quienes proporcionaron una visión limitada de los efectos del acondicionamiento físico en los niños prepúberes, ya que existía dudas sobre cómo la intensidad, la duración y la frecuencia contribuyen a los cambios en la capacidad aeróbica en niños o niñas en comparación adolescentes y adultos. Factores como la genética, el crecimiento, la maduración, respuestas cardiovasculares, requisitos nutricionales, termorregulación, son aspectos que podría afectar programas de entrenamiento aeróbicos, por tanto los estímulos aeróbicos continuos de larga duración para el desarrollo de la APC, si bien pueden aplicarse; ya que son beneficiosos en etapa prepuberal (Corte de Araujo et al., 2012), deben estar bien documentados para ser recomendados masivamente como un método de entrenamiento para edad prepuberal (Lussier & Buskirk, 1977).

Uno de los métodos más recientes estudiados en etapas tempranas es el HIIT (Lambrick et al., 2016), el cual se describe como ejercicios intermitentes de carácter explosivo y vigoroso, con períodos de descanso o ejercicios de baja intensidad (Gibala et al., 2012).

Las diferencias en la intensidad de las actividades es particularmente importante considerando que el tiempo que se dedique a actividades de intensidad vigorosa esta fuertemente asociada a numerosos beneficios para la salud (aptitud cardiorrespiratoria, presión arterial sistólica y composición corporal) comparado con actividades de baja a moderada intensidad (Carson et al., 2014; Hay et al., 2012). En este sentido programas de ejercicios aeróbicos con actividades intermitentes de corta duración y alta intensidad podrían ser eficaces para mejorar la aptitud cardiorrespiratoria en niños, sin embargo los estudios en esta área aún no son suficientes y se necesitan de más estudios experimentales para establecer el óptimo volumen y la seguridad de estos ejercicios para estudiantes (Carson et al., 2014).

Adicionalmente, también existe evidencia de los beneficios a nivel cardiométabolico de este tipo de ejercicios o actividades; ya que algunos estudios muestran incrementos en el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}), la velocidad aeróbica máxima, capacidad aeróbica y la capacidad anaeróbica de niños y jóvenes (Baquet et al., 2002; Baquet et al., 2010; Lau et

al., 2014). Son bastantes los estudios que muestran hallazgos alentadores respecto de este tipo de estímulos; sin embargo la prescripción de ejercicio aún no es clara; debido a que existen intervenciones con diferentes actividades de alta intensidad (e.g. juegos, bicicleta y carrera) (Baquet et al., 2010; Lambrick et al., 2016; Lau et al., 2014). Algunos autores (Biddle & Batterham, 2015; Ratel et al., 2004) han cuestionado este tipo de ejercicio; ya que la estructura de algunas intervenciones en estudios con niños ha sido inadecuada; debido a que han seguido estructuras aplicadas en adultos.

Para la aplicación de intervenciones con niños es necesario observar las actividades habituales de estos, sus patrones y características para así promover juegos específicos siguiendo sus atributos naturales (e.g. fútbol y balonmano) (Seabra et al., 2016); estos permiten una motivación intrínseca desarrollando el disfrute con estas actividades, convirtiéndose en un potente predictor de participación en AF de niños y jóvenes. Los patrones de AF habitual en los niños son de naturaleza intermitente, caracterizados por cambios rápidos del reposo a la AF vigorosa (Howe et al., 2010). De acuerdo a lo anterior HIIT ofrece infinitas variantes manteniendo la naturaleza del estímulo y las intervenciones con este método han reportado resultados positivos en la APC (Baquet et al., 2010; Gibala et al., 2012; Racil et al., 2016). Lo interesante es que la APC es considerada un importante marcador de salud (Ortega et al., 2008).

A partir de los diferentes hallazgos con investigaciones experimentales es que este método ha sido de interés para la realización de revisiones sistemáticas como Costigan et al., (2015) y Logan et al., (2014) quienes examinaron los efectos de HIIT en niños y adolescentes obesos reportando hallazgos que indican modificaciones en la masa grasa, la masa magra y el IMC o García-Hermoso et al., (2016) que indican potentes cambios en la APC. Por las razones señaladas es que el estudio de intervenciones con HIIT es de interés científico precisamente en edades tempranas (Boutcher, 2011; Lambrick et al., 2016; Murphy et al., 2015).

2.4 Condición Física: Aptitud Cardiorrespiratoria (APC)

Para muchas de las actividades de la vida diaria es relevante la capacidad del cuerpo para utilizar oxígeno y producir energía; tales actividades para ser realizadas de manera eficiente requieren de esfuerzos integrados por el sistema cardiorrespiratorio y la actividad metabólica de la masa muscular (Fleg et al., 2000).

Numerosas investigaciones han demostrado que la APC proporciona una importante información diagnóstica y pronóstica en una amplia variedad de entornos clínicos y de investigación (Arena et al., 2007; Fleg et al., 2000). A modo conceptual es posible señalar que la APC es la capacidad de un individuo para realizar un trabajo aeróbico mediante la absorción máxima de oxígeno, es decir, el producto del gasto cardíaco y la diferencia de oxígeno arterio-venosa en un esfuerzo físico máximo; de manera más general la APC es la capacidad de suministrar oxígeno a los músculos y utilizarlo para generar energía en la musculatura durante el ejercicio (Armstrong et al., 2011; Lang et al., 2016).

La edad, el sexo, la condición física y la presencia de enfermedades son factores determinantes de la APC; la cual se expresa en el $\text{VO}_{2\text{max}}$ y se mide en litros de oxígeno por minuto, sin embargo generalmente se expresa en mililitros de oxígeno por kilogramo de peso corporal por minuto para facilitar las comparaciones entre los sujetos (Armstrong et al., 2011). La APC por lo general disminuye un promedio del 10% por década de vida debido a una disminución en el volumen sistólico, frecuencia cardíaca máxima y función del músculo esquelético (Fleg & Lakatta, 1988). En cualquier edad, la APC en los hombres es 10 a 20% mayor que en las mujeres, en razón a una mayor concentración de hemoglobina, una mayor proporción de masa muscular y un mayor volumen de sistólico en los hombres (Fleg & Lakatta, 1988).

Los pocos estudios longitudinales disponibles reflejan los datos de corte transversal con algunos estudios que indican grandes aumentos relacionados con la edad en la APC en los niños entre 13 y 15 años. Los datos de las niñas son menos consistentes, pero de acuerdo con los hallazgos transversales, indican un aumento progresivo de 8 a 13 años con una nivelación gradual a partir de los 14 años. Los datos longitudinales indican que el consumo de oxígeno peak de los niños casi se duplica de 11 a 17 años, incrementando su valor sobre la niñas en un 50% al mismo rango de edad (Armstrong et al., 2011).

Los niveles de AF se ven reflejados de buena forma cuando se relaciona con la APC, es decir, las personas que tiene una APC deficiente tiene un bajo nivel de AF; por tanto la APC es una medida reproducible objetiva que refleja las consecuencias funcionales de los hábitos recientes de AF, el estado de salud (principalmente el desempeño del sistema de transporte de oxígeno) y la genética (Arena et al., 2007).

La APC es una medida de las funciones corporales, y su evaluación debe jugar un papel importante en las actividades asociadas con la promoción de la AF como un componente importante de un estilo de vida saludable (Jankowski et al., 2015).

Estudios han demostrado que una APC deficiente se asocia de manera independiente con los factores de riesgo de ECV y el exceso de adiposidad (Lobelo & Ruiz, 2007; Ortega et al., 2008).

Los niveles más altos de condición física y de AF se consideran los principales componentes necesarios para proteger a los jóvenes y adultos del aumento de enfermedades cardiometabólicas, y por tanto, es necesario promover fuertemente la práctica de AF para así incrementar los niveles de condición física en todos los niños y no sólo los que tienen alguna enfermedad metabólica (Stratton et al., 2007).

El estudio de Ortega et al., (2018) muestra que una baja APC es un indicador importante de obesidad abdominal e indirectamente de todos los problemas de salud que puede producir esta condición; por tanto el aumento de la APC entrenando o incrementando de forma importante el nivel de AF (alta-vigorosa) podría reducir la obesidad y por tanto reducir los factores de riesgo (Ortega et al., 2018).

La medición de laboratorio del VO_{2max} mediante la Bolsa de Douglas es considerada la mejor forma de medir este parámetro, es decir, el gold estándar (Bassett et al., 2001); sin embargo existen métodos de campo indirectos que pueden ser aplicados en jóvenes que también tienen una fuerte evidencia científica como la prueba de 20 metros ida y vuelta (20mSRT) (Lang et al., 2016). Respecto de otras pruebas, existe evidencia moderada en el caso de la prueba de carrera/caminata de 1 milla, y evidencia limitada de la prueba de caminata de 1 milla, la prueba de trote en pista de 1 milla submáxima y la prueba de carrera/caminata de ½ milla son pruebas válidas para estimar el VO_{2max} , pero dependen de la condición física del sujeto para efectos de validez (Artero et al., 2011; Castro-Piñero et al., 2012).

2.5 Composición Corporal

La interacción entre la AF, el tejido adiposo y el metabolismo con el sistema endocrino son extremadamente complejas; ya que el cuerpo presenta modificaciones durante todas las etapas de la vida; que sin duda también son intervenidas por la cantidad de AF que se lleve a cabo (McMurray & Hackney, 2005).

Desde la infancia a la adultez existen cambios en los componentes del cuerpo, es decir, existen numerosas transformaciones morfológicas y funcionales propias de las etapas de desarrollo; las cuales producen variaciones a nivel de tejido óseo, muscular y adiposo; las principales diferencias se dan en la transición desde la etapa prepuberal a la pubertad período

en el cual producto del aumento de actividad hormonal se producen cambios esenciales en el cuerpo, que de acuerdo a la evidencia son diferentes en niños y niñas (Mota et al., 2002). El crecimiento es un proceso biológico complejo regulado por múltiples factores; estos factores incluyen la genética, la ingesta nutricional, la AF, la edad, el sexo y el equilibrio endocrino, todos los cuales influyen en la altura y la composición corporal de un niño durante los años de crecimiento. Una mejor comprensión de la composición corporal y los factores que influyen en su desarrollo puede mejorar la predicción del estado adulto y ayudar a crear estrategias para reducir los factores de riesgo de diversas enfermedades (Pietrobelli & Tatò, 2005).

El tejido adiposo desde hace años ha cobrado importancia; debido a las implicancias que tiene su aumento; ya entre los años 80 y 90, surgieron estudios que demostraban que los niños tienen cada vez más obesidad; lo cual genera una tendencia al incremento de la masa corporal; probablemente este fenómeno es el resultado de cambios en el patrón de AF y nutrición (Flegal et al., 2012).

Se estima que el 10% de los niños en edad escolar de todo el mundo tienen exceso de grasa corporal, con un mayor riesgo de desarrollar enfermedades crónicas (Shields, 2006). De estos niños con sobrepeso, una cuarta parte tiene obesidad, con una probabilidad significativa de que algunos tengan múltiples factores de riesgo como la diabetes tipo 2, ECV y una variedad de otras comorbilidades antes o durante la adultez temprana. La prevalencia de sobrepeso es dramáticamente mayor en las regiones económicamente desarrolladas, pero está aumentando significativamente en la mayoría de las partes del mundo. En muchos países, el problema de la obesidad infantil está empeorando a un ritmo dramático. Las encuestas realizadas durante la década de 1990 muestran que en Brasil y los Estados Unidos, un 0,5% adicional de la población infantil total tenía sobrepeso cada año; siguiendo en esta misma línea Canadá, Australia y partes de Europa tienen tasas altas con un 1% adicional de los niños con sobrepeso cada año. Lamentablemente en los países industrialmente desarrollados, los niños de familias de bajos ingresos son particularmente vulnerables debido a la mala alimentación y las limitadas oportunidades para la AF (Lobstein et al., 2004). Desde el punto de vista de la salud pública, las alteraciones en la cantidad de grasa corporal se ha convertido en uno de los problemas nutricionales más importantes; que se relaciona directamente con la cantidad de AF que realizan las personas (Vasquez et al., 2012).

A partir del aumento de la masa grasa en niños y jóvenes, el estado de salud y estado físico de estos esta deteriorado (Lobelo et al., 2009). La preocupación por la cantidad de masa grasa en los niños y su relación con la obesidad en adultos ha llevado al desarrollo de

estándares infantiles para evaluar el contenido óptimo de grasa corporal. Si bien estos estándares se presentan como pautas para el uso de educadores físicos y médicos, se debe enfatizar en que se necesita investigación adicional para establecer los riesgos para la salud de los diferentes niveles de gordura en los niños y que los puntos de interrupción dados se seleccionan de forma arbitraria sobre la base de la evidencia actual (Lohman, 1987; Skinner et al., 2015).

Existe una gran cantidad de estudios sobre los excesos de grasa corporal centrados en el efecto de ejercicios aeróbicos que movilicen grandes grupos musculares como correr o andar en bicicleta, diseñados principalmente para aumentar el gasto calórico. Estos estudios no generan claridad respecto de los efectos sobre la composición corporal; sin embargo si se asocian con mejoras en la APC (Watts et al., 2006).

Respecto de la medición de la composición corporal existen métodos de laboratorio y otros de campo. Entre las mediciones de laboratorio están los métodos de imagen (Pietrobelli & Tatò, 2005), pletismografía y absorciometría de rayos X de energía dual (DXA) que se consideran métodos gold estándar para evaluar la composición corporal en los jóvenes (Lee et al., 2018; Urlando et al., 2003). El análisis de impedancia bioeléctrica (BIA) también se ha utilizado como un método de referencia para la determinación de la grasa corporal (Furtado et al., 2018).

Los métodos de campo posibles de aplicar en niños con mayor evidencia científica fueron estudiados por Castro-Piñero et al., (2012); Ruiz et al., (2011), llegando a la conclusión de que existe una fuerte evidencia de que el grosor de los pliegues de la piel (Lohman et al., 2013) y el IMC son buenos predictores de la grasa corporal. Las ecuaciones fueron validadas para estimar la grasa corporal en jóvenes, pero no en niños obesos, donde el IMC parece ser el mejor indicador. La precisión del IMC varía según el grado de exceso de peso corporal, mejorando significativamente a niveles más altos de grasa corporal. Hay pruebas sólidas de que la CC es una buena medida para estimar la grasa corporal central, y hay pruebas limitadas de que la cociente cintura estatura sea una claro parámetro para estimar la grasa corporal central.

2.6 Nivel de Actividad Física y Comportamiento Sedentario

La AF y los CS son determinantes importantes para la salud; por tanto realizar AF de forma regular tiene efectos positivos en el bienestar físico y psicológico; mientras que los CS excesivos se asocia con resultados de salud negativos (Adank et al., 2018). Los patrones de

AF y CS en la infancia sientan las bases para un estilo de vida saludable en la edad adulta; por lo tanto, los niños y jóvenes que son inactivos tienen una mayor probabilidad de convertirse en adultos físicamente inactivos que los niños activos, enfatizando la importancia de aumentar la AF y limitar los CS entre los niños (Jones et al., 2013). Sin embargo, niveles bajos de AF en niños siguen aumentando en todo el mundo (Hallal et al., 2012).

Es de suma importancia promover niveles de AF recomendados para la salud y disminuir los CS en los niños; ya que estos son el presente y el futuro de una nación. Es clave comprender la naturaleza de la AF y de los CS a lo largo de un período de desarrollo de cambios profundos tanto fisiológicos como de comportamiento sobre todo en la pubertad (influencia sistema endocrino) (Patton & Viner, 2007).

De acuerdo con la evidencia revisada, la primera infancia es un momento clave para implementar estudios de prevención y programas de promoción de la salud que fomenten la AF y limiten las conductas sedentarias. Se necesitan estudios de seguimiento futuros para confirmar la fortaleza de la estabilidad de la AF y los CS durante la primera etapa de la vida. Estudios en esta temática podrían considerar la identificación de factores específicos que influyen en los CS así como también a los sujetos que se vuelven más activos o más sedentarios a lo largo del tiempo; la identificación de estos individuos y los factores o determinantes sociales y ambientales que influyen en sus comportamientos puede ser útil para mantener o mejorar rangos de estilos de vida saludables (Jones et al., 2013).

Existen diferentes formas de medir el nivel de AF; entre estos esta el auto-informe, observación directa, calorimetría indirecta o el agua doblemente marcada (gold estándar); sin embargo desde los años 2000 y en la actualidad la acelerometría es una opción más factible y precisa para medir esta variable (Jimmy et al., 2013; Sirard & Pate, 2001). A partir de los datos de acelerometría es posible distinguir los diferentes niveles de intensidad de AF, así como la inactividad de niños y jóvenes. Otras ventajas reconocibles son que elimina el sesgo del recuerdo y el sesgo de deseabilidad social, supera los desafíos de las dificultades de lenguaje y alfabetización y puede ser menos costoso que la observación directa; además se ha establecido como un método objetivo que puede ser usado para evaluar el comportamiento de la AF en grupos bastante grandes con una cantidad de dispositivos razonable a la muestra (Evenson et al., 2008).

Capítulo III – Método

En este capítulo se aborda el método a modo general, ya que uno de los estudios desarrollados fue un protocolo de estudio ya publicado; el cual detalla el método de esta intervención (Reyes-Amigo et al., 2018).

3.1 Diseño experimental

El diseño fue experimental; con un estudio de tipo Randomized Control Trial (RCT); con pre y post test; se formaron 2 grupos; uno de juegos intermitentes de alta intensidad (HIIG) y otro con juegos de moderada intensidad (MIG). Ambos grupos realizaron 2 sesiones por semana durante 3 meses de intervención. Luego de 3 meses de terminada la intervención se realizó una prueba de seguimiento (follow-up).

3.2 Participantes

Participaron 66 estudiantes voluntarios (23 niños y 43 niñas). Todos eran estudiantes de una escuela pública, en Valparaíso, Chile, con edades entre 9 y 10 años ($9,48 \pm 0,5$), con una calificación de madurez sexual Tanner 1-2. El consentimiento del padre/tutor y el asentimiento de los niños se obtuvieron antes de la participación. La aprobación ética fue otorgada para este estudio por el comité de bioética de la Universidad de Playa Ancha, Chile (01/2017). Los participantes seleccionados no formaban parte de ningún programa regular de entrenamiento físico. Los voluntarios fueron excluidos si presentaban alguna forma de enfermedad pediátrica crónica, ECV o enfermedad metabólica (excepto obesidad) o alguna limitación ortopédica. Los participantes cuyo índice de asistencia fue inferior al 90%, que no asistieron a la primera o segunda medición y/o presentaron una respuesta negativa a la intervención, también fueron excluidos. Información detallada en figura CONSORT (Pág. 67).

3.3 Variables

Los participantes realizaron 5 mediciones en 3 momentos; antes de la intervención, una vez terminada la intervención y después de 3 meses finalizada la intervención. Las mediciones aplicarán durante cinco días con una duración de 90 minutos por jornada.

El outcome primario es la APC estimada por medio del test 20mSRT ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) y el outcome secundario es la composición corporal determinada mediante el BF%, IMC (kg/m^2) y la CC (cm); y el nivel de AF a través de acelerómetros (acelerometría).

3.4 Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra fue calculado con el análisis de varianza con una potencia estadística de 0.95, una probabilidad de error de 0.05 y un efecto del tamaño muestral de 0.5. Con este análisis se predice que el tamaño de muestra apropiado para el estudio es 54 participantes (G-power program 3.1.3, Germany). Más detalles de la descripción de la muestra esta disponible en los estudios II y III (Pág. 48-63 respectivamente).

3.5 Instrumentos

La APC fue medida con el Test 20mSRT: Para esta prueba, los sujetos deben correr entre 2 líneas separadas por 20 metros. Un audio pregrabado indica a través de un sonido breve y agudo, el instante en que cada sujeto tiene que alcanzar la línea para mantener una velocidad constante durante todo el ejercicio. Un sonido más largo marcará los cambios en la etapa. La velocidad de la pista se comprueba antes de cada sesión. La prueba comienza con 8,5 km/h y aumenta en 0,5 km/h por 1 minuto (Buchan et al., 2011; Leger et al., 1988).

Composición corporal: El BF% se midió a través del método de BIA (Racil et al., 2016) mediante la balanza TANITA BC 554 IRONMAN®, en el caso de los estudiantes con obesidad. El dato del BF% de los estudiantes normopeso se obtuvo a partir de pliegues cutáneos (tricipital, subescapular y pantorrilla) con el adipómetro Lange Skinfold Caliper (Lohman, 1987; Slaughter et al., 1988; Vasquez et al., 2012). La altura y el peso corporal serán medidos con un estadiómetro y una balanza marca SECA. A partir de los datos de altura y peso se obtuvo el IMC y el Puntaje Z del IMC (IMCz-score) datos analizados con el programa Anthroplus. La CC es medida en un plano horizontal en el punto medio entre el borde inferior de la última costilla y el borde superior de la cresta ilíaca en la espiración profunda (cinta métrica Lufkin W606P) (Marshall et al., 2004).

Nivel de AF: El tiempo y la intensidad empleada en la realización de AF fue medida con un acelerómetro triaxial (Actigraph gt3x) utilizado en el lado derecho de la cintura. Los acelerómetros se utilizaron durante 3 días consecutivos las 24 horas del día. Este equipo sólo fue retirado antes de

realizar actividades en las cuales el equipo pueda estar en contacto con el agua (Andersen et al., 2011). Para el análisis de los datos entregados por acelerómetro se utilizó el software ActiLife 6 (ActiGraph) y la fórmula de referencia para establecer los puntos de corte fue la de Evenson et al., (2008).

3.6 Análisis estadístico

Debido a la multiplicidad de análisis este apartado está explicado en cada artículo desarrollado.

Capítulo IV – Estudios desarrollados

4.1 Estudio I – Effectiveness of High-Intensity Interval Training on cardiorespiratory fitness and body composition in preadolescents: A systematic review.

Reyes-Amigo T, Gómez M, Gallardo M, Palmeira A. Effectiveness of high-intensity interval training on cardiorespiratory fitness and body composition in preadolescent: A systematic review. *Eur J Hum Mov.* 2017;39:32-47.

Nota: Este estudio fue publicado en la Revista European Journal of Human Movement. A continuación se presenta como fue aceptado posterior a la revisión de pares.

4.1.1 Abstract

Objective: The aim of this study is to review the published literature on the effectiveness of high-intensity interval training (HIIT) interventions on cardiorespiratory fitness and body composition in preadolescents.

Method: The databases used in the study were: PubMed, SPORTDiscus and Google Scholar. We included studies published from 2005 to 2016. The included studies consider: children, examined health-related fitness outcomes, involved an intervention of ≥ 2 weeks, included a control or moderate intensity comparison group, or both, and prescribed high intensity activity.

Results: HIIT was associated with improvements in cardiorespiratory fitness in 9 of the 10 studies. In body composition, the improvements were less evident; on body mass index (2 studies) and skinfolds (1 study). The HIIT showed no effect on the percentage of body fat.

Conclusion: HIIT in preadolescents could be an efficient approach for improving cardiorespiratory fitness; nevertheless, its effect on body composition is still unclear.

Keywords: High-intensity interval training, preadolescents, cardiorespiratory fitness, body composition.

4.1.2 Introduction

Physical activity presents multiple health benefits for all age groups, (Langford et al., 2015) it is a key factor in pediatric obesity (Shultz et al., 2009) and cardiometabolic modifications (Donnelly et al., 1996). Therefore, physical activity during childhood and adolescence is of great importance for the public health of a country. Currently, they represent a key phase of biological and social development, laying the foundations for future adult health (Bassuk & Manson, 2014).

The recommendation of performing physical activity has not been taken into consideration by the population and the main reason is the lack of time (Zabinski et al., 2003). Therefore, the effectiveness of alternative forms of physical activity needs to be considered, especially in children and adolescents (Bendiksen et al., 2014; Burgomaster et al., 2006; Gibala et al., 2012; Pate, 2006). Studies have addressed this lack of time through high-intensity interval training (HIIT) programs, which decreases the required time of exercise in comparison to low intensity programs (Buchan et al., 2011). High-intensity stimuli of HIIT consider rest periods between each series (Baquet & Berthoin, 2003; Gibala et al., 2012). Several studies in adults have reported advantages of HIIT over continuous aerobic exercise at improving aerobic capacity (Keating et al., 2014; Ramos et al., 2015).

Among children and adolescents, the evidence of HIIT is limited, recent articles report that HIIT is a feasible and time-efficient approach for improving cardiorespiratory fitness and body composition in the adolescent population (Boutcher, 2011; Farah et al., 2014; Foster et al., 2015). The aim of this systematic review is to analyze published evidence about the effectiveness of HIIT interventions on cardiorespiratory fitness and body composition in preadolescent.

4.1.3 Method

Literature search strategy

Articles published between January 1st, 2005 and July 21st, 2016 were analyzed. Systematic survey of the studies was conducted using the following databases PubMed, SPORTDiscus and Scholar Google. The search was conducted between July 17th and 21st, 2016. The PICO keywords used were: Population: [children or childhood or child], Intervention [high-intensity interval training or high-intensity intermittent training or high-intensity interval exercise or high-intensity aerobic training or interval aerobic training]. No comparison or outcome keywords were specified. Studies performed with children aged 6-12 and randomized designs with controlled trials [RCT] and randomized trials were considered. Moreover, the reference lists were examined to detect studies potentially eligible for inclusion. Only articles in human and written in English were analyzed.

Criteria for inclusion and exclusion

The following inclusion criteria were selected: (a) children (6-12 years old), (b) health-related fitness outcomes (cardiorespiratory fitness and body composition), (c) involved a ≥ 2 week intervention, (d) included a control or moderate intensity comparison group, and (e) prescribed high- intensity activity (85–95% peak heart rate or 80–120% maximal aerobics speed). Studies focusing on diseases (except obesity), sports and reviews and papers published in conference, dissertations, thesis or in non-peer-reviewed journals were not included for review.

Data extraction

Three independent examiners searched for articles in the databases by analysis of titles, abstracts, and full papers, and assessed eligibility for inclusion of each study.

Disagreements were discussed and, if unresolved, a fourth reviewer was consulted to decide whether the study should be included or excluded. Standardized worksheets were designed for data extraction such that the reviewers were able to extract information about the study characteristics, participants, study design, sample, intervention method, study duration, HIIT dose, outcomes, retention rate, instruments, and study results.

Quality of studies and risk of bias

Quality and risk of bias for all 10 studies was assessed using Quality Assessment tool for Quantitative Studies (EPHPP). A risk of bias score was awarded to each study based on item Selection Bias explicitly described. Criteria were added to create an overall risk of bias score: 1 strong (low bias), 2 moderate (moderate bias) and 3 weak (high bias).

4.1.4 Results

Inclusion of studies

The database search yielded 387 articles in total. Of these, 320 were excluded after evaluation of titles, and 5 were duplicates, of the 62 remaining 40 were excluded by abstracts, leaving 22 articles identified as eligible. Of these, 10 studies met all inclusion criteria (Fig. 1).

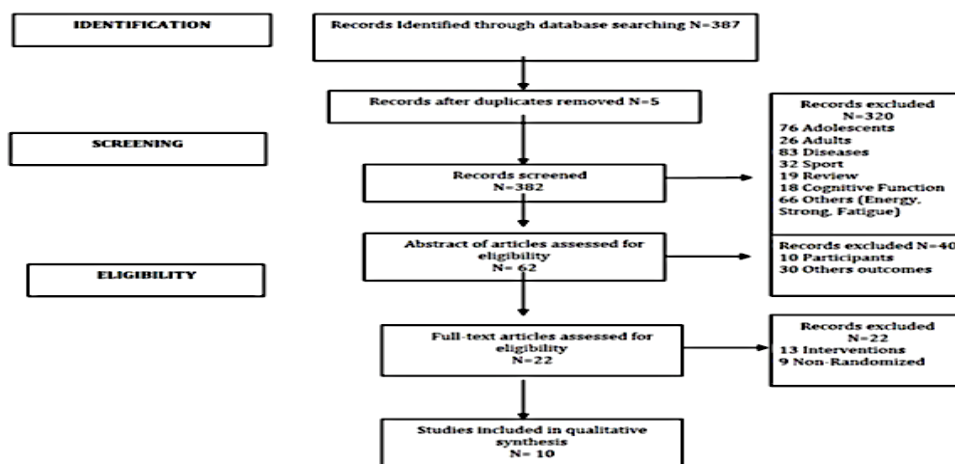


Figure 1 - Identification flow, screening, eligibility of articles in the systematic review.

Characteristics of high-intensity interval training programs

The intervention programs (Table 1) used walking, (Corte de Araujo et al., 2012) some only running (Baquet et al., 2010; Gamelin et al., 2009; Lau et al., 2015; Mucci et al., 2013; Nourry et al., 2005; Rosenkranz et al., 2012), cycling (McManus et al., 2005) and other different games (Lambrick et al., 2015). The protocols used in the studies were heterogeneous: for example, the number of bouts ranged from 1 (Mucci et al., 2013) to 16 (Lau et al., 2015) and the frequency fluctuated from 2 (Corte de Araujo et al., 2012; Lambrick et al., 2015; McNarry et al., 2015; Mucci et al., 2013; Nourry et al., 2005; Rosenkranz et al., 2012) to 3 (Baquet et al., 2010; Gamelin et al., 2009; Lau et al., 2015; McManus et al., 2005) sessions per week. Regarding the duration of the repetitions, were for a period of 5 seconds (Baquet et al., 2010; Gamelin et al., 2009) to 6 minutes (Lambrick et al., 2015). Recovery passive or active was between of 15 seconds (Gamelin et al., 2009; Lau et al., 2015) to 3 minutes (Corte de Araujo et al., 2012; Mucci et al., 2013). Intensity exercise was performed among 100% (Baquet et al., 2010; Gamelin et al., 2009; Lau et al., 2015; Nourry et al., 2005; Rosenkranz et al., 2012) and 190% (Baquet et al., 2010; Gamelin et al., 2009) maximum aerobic speed (MAS), among 80% and 86% (Lambrick et al., 2015; McManus et al., 2005) maximal heart rate (MHR). The total time of the session lasted between 6 (Lau et al., 2015) and 60 minutes (Corte de Araujo et al., 2012; McNarry et al., 2015). The duration of the interventions lasted between 6 (McNarry et al., 2015) and 12 weeks (Corte de Araujo et al., 2012) (mean 7,6) (Table 1). Adherence to training programs was not reported. It is not clear the association between protocols and the results found.

Tabla 1 Main characteristics of the studies included in this review

Study	Subjects (n) and Age (y)	Groups	Group Size	Modality /Intensity	Frequency	Recovery	Total time	Intervention duration	Quality
Corte de Araujo et al., 2012	39 obese children 8 to 12 years	HIIT TG	15 15	Walking/Running 80% peak HR. Walking/Running 100% MAS	2 sessions per week	3 minutes	30-60 minutes	12 weeks	Moderate
Baquet et al., 2010	63 children 8 to 11 years	HIIT TG CG	22 22 19	Running 100-190% MAS Running 80-85% MAS	3 sessions per week	15-30 seconds 5 minutes	18-39 minutes	7 weeks	Weak
Gamelin et al., 2009	28 children 9,5 years	HIIT CG	22 16	Running 100-190% MAS	3 sessions per week	15-30 seconds	30 minutes	7 weeks	Weak
Lau et al., 2015	48 overweight children 10,4 years	HIIT TG	15 21	Running 120% MAS Running 100% MAS	3 sessions per week	15 seconds	6-8 minutes	6 weeks	Weak
McManus et al., 2005	35 children 9 to 11 years	HIIT TG CG	10 10 15	Cycling 80-85% MAS Cycling Continuous 75-85% VO _{2peak}	3 sessions per week	2 minutes 45 seconds	20 minutes	8 weeks	Moderate
McNarry et al., 2015	26 obese children 9,3 years	HIIT CG	26 10		2 sessions per week	2 minutes	40-60 minutes	6 weeks	Weak
Mucci et al., 2013	24 children 9 to 11 years	HIIT CG	9 9	Running 110-130% MAS Running 100% MAS	2 sessions per week	3 minutes	30 minutes	8 weeks	Weak
Nourry et al., 2005	24 children 9, 7 to 10 years	HITT CG	9 9	Running 100-130% MAS Running 100% MAS	2 sessions per week	3 minutes	30 minutes	8 weeks	Weak
Rosenkranz et al., 2012	18 children 7 to 12 years	HITT CG	8 8	Running 100-130% MAS Running 100% MAS	2 sessions per week	Unknow Rest passive recovery	30 minutes	8 weeks	Moderate
Lambrick et al., 2015	55 children 8 to 10 years	HIIT CT	28 27	Games 86% HRmax	2 sessions per week	2 minutes	60 minutes	6 weeks	Weak

HIIT: high-intensity interval training, TG: training group, CG: control group, MAS: maximum aerobic speed, HR: Heart rate, VO_{2PEAK}: oxygen uptake.

Effects of high-intensity interval training on cardiorespiratory fitness

Cardiorespiratory fitness was determined by tests on treadmill (Baquet et al., 2010; Corte de Araujo et al., 2012; Gamelin et al., 2009; Lambrick et al., 2015; McNarry et al., 2015), cycle ergometer (McManus et al., 2005; Mucci et al., 2013; Nourry et al., 2005; Rosenkranz et al., 2012) or field test (Yo-Yo intermittent test) (Lau et al., 2015).

The studies showed that the group performing high-intensity exercises increased cardiorespiratory fitness (Baquet et al., 2010; Corte de Araujo et al., 2012; Gamelin et al., 2009; Lambrick et al., 2015; McManus et al., 2005; McNarry et al., 2015; Mucci et al., 2013; Nourry et al., 2005; Rosenkranz et al., 2012) and in a single study the HIIT group not present any changes (Table 2) (Lau et al., 2015). As for the results of HIIT and the training group, both groups increased their cardiorespiratory fitness in three studies (Baquet et al., 2010; Gamelin et al., 2009; McManus et al., 2005) and a single study none of the groups presented

changes (Lau et al., 2015). The control group in 6 studies, it has been shown to decrease its yield (Baquet et al., 2010; Lambrick et al., 2015; Lau et al., 2015; Mucci et al., 2013; Nourry et al., 2005; Rosenkranz et al., 2012) and in 3 studies there is a slight increase in cardiorespiratory fitness (Gamelin et al., 2009; McManus et al., 2005; McNarry et al., 2015).

Table 2 Results cardiorespiratory fitness

Study	Measure Outcome	Control Group		Training Group		HIIT		Effect HIIT	Comparison other groups
		Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest		
*Corte de Araujo et al., 2012	Cardiorespiratory fitness ml/kg/min							Increase	HIIT group and the training group increased their cardio-respiratory fitness,
Baquet et al., 2010	Cardiorespiratory fitness ml/kg/min	50,6	42,2	50,1	53,6	51,6	54,1	Increase	HIIT group and the training group increased their cardio-respiratory fitness, however the control group reduced it
	MAS km/h	10,8	8,5	10,8	11,7	11,3	12,1		
Gamelin et al., 2009	Cardiorespiratory fitness ml/kg/min	36,2	36,7	-	-	51,6	54,1	Increase	HIIT group increased their cardio-respiratory fitness, however the control group keep it the same
Lau et al., 2015	Cardiorespiratory fitness MAS km/h	10,9	10,8	10,9	10,9	10,9	10,9	No changes	Both groups show no changes
McManus et al., 2005	Cardiorespiratory fitness ml/kg/min	44,7	45,4	47,0	50,7	45,5	50,7	Increase	HIIT group, the training group and control group increased their cardio-respiratory fitness, however the control group has the lowest increase
McNarry et al., 2015	Cardiorespiratory fitness ml/kg/min	20,3	20,5	-	-	18,1	19,3	Increase	HIIT group increased their cardio-respiratory fitness, however the control group keep it the same
Mucci et al., 2013	Cardiorespiratory fitness ml/kg/min	39,77	38,81	-	-	39,6	45,1	Increase	HIIT group increased their cardio-respiratory fitness, however the control group reduced it.
Nourry et al., 2005	Cardiorespiratory fitness ml/kg/min	36,8	36,6	-	-	37,4	43,2	Increase	HIIT group increased their cardio-respiratory fitness, however the control group keep it the same
Rosenkranz et al., 2012	Cardiorespiratory fitness ml/kg/min	33,1	30,4	-	-	23,6	29,4	Increase	HIIT group increased their cardio-respiratory fitness, however the control group reduced it.
Lambrick et al., 2015	Cardiorespiratory fitness ml/kg/min	55,4	54,9	-	-	51,4	54,3	Increase	HIIT group increased their cardio-respiratory fitness, however the control group reduced it

HIIT: high-intensity interval training, *: doses not present numerical results

Effects of high-intensity interval training on body composition

Body composition was assessed using three methods: bioelectrical impedance (Corte de Araujo et al., 2012; Lambrick et al., 2015; McNarry et al., 2015). Dual-energy x-ray absorptiometry (DXA) (Rosenkranz et al., 2012) and skinfolds (Lau et al., 2015; Nourry et al., 2005). The other studies only report measurements of body composition with body mass index (BMI) (Baquet et al., 2010; Gamelin et al., 2009; McManus et al., 2005; Mucci et al., 2013), the studies analyzed show that the group that performing high intensity exercises

improves indicators of body composition (Corte de Araujo et al., 2012; Lambrick et al., 2015; Lau et al., 2015; McNarry et al., 2015; Nourry et al., 2005; Rosenkranz et al., 2012). In three studies, there was no significant improvement in body composition indexes (Baquet et al., 2010; Gamelin et al., 2009; Mucci et al., 2013). As for the results of HIIT and the training group in an article, none of the groups presented significant modifications (Baquet et al., 2010) in another article both groups improved (Corte de Araujo et al., 2012) and in an article alone HIIT group positively modified the result of the sum of skinfolds (Lau et al., 2015). In relation to the control group in all analyzed articles that present data increase the percentage of fat, body weight or BMI (Baquet et al., 2010; Gamelin et al., 2009; Lambrick et al., 2015; Lau et al., 2015; McNarry et al., 2015; Mucci et al., 2013; Nourry et al., 2005; Rosenkranz et al., 2012) and in a single study decreases their fat percentage (Table 3) (Nourry et al., 2005).

Table 3 Results body composition

Study	Measure Outcome	Control Group		Training Group		HIIT		Effect HIIT	Comparison other groups
		Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest		
Corte de Araujo et al., 2012	BMI (kg/m ²) Body Fat (%)	-	-	30 37	29 36	32 38	30 37	Improvement	Both groups decrease BMI and body fat
Baquet et al., 2010	BMI (kg/m ²)	18,5	18,2	17,9	18,1	17,5	17,6	Not change	Control group presents a slight decrease, Training group increases BMI and body mass, and not changes group HIIT.
	Body mass (kg)	36,2	37	33,5	34,7	35	35		
Gamelin et al., 2009	Body Mass (kg)	36,2	36,7	-	-	35,5	36,4	Increase	Both groups increase body mass
Lau et al., 2015	BMI (kg/m ²)	24,8	25,2	22,8	22,9	23,7	23,9	No change Improvement	Control group presents a increase BMI and sum of skinfolds, training group not changes in BMI but a slight decrease in sum of skinfolds. HIIT shows a small decrease in BMI and a significant decrease in the sum of skinfolds.
	Sum of skinfolds (mm)	56,1	60,4	53,9	53,3	59,5	51,3		
McNarry et al., 2015	BMI (kg/m ²)	17,0	17,1	-	-	23,7	23,6	Not change	Both groups do not present change
Nourry et al., 2005	Body Fat (%)	16,4	15,9	-	-	19,0	17,5	Improvement Increase	Control group presents a decrease in body fat and increase y body mass HIIT shows a decrease in body fat and a increase in body mass.
	Body mass (kg)	39,0	39,9	-	-	34,6	35,7		
Rosenkranz et al., 2012	BMI (kg/m ²)	13,6	18,3	-	-	19,5	18,1	Improvement Improvement	Control group presents a increase BMI and body fat. HIIT shows a decrease in BMI and body fat.
	Body Fat (%)	15,7	21,6	-	-	22,2	20		
Mucci et al., 2013	Body mass (kg)	43	44	-	-	33,1	33,8	Increase	Both groups increase body mass
Lambrick et al., 2015	BMI (kg/m ²)	19,5	19,5	-	-	20,5	20,5	No changes Improvement	The control group showed no change in BMI but an increase in body fat. HIIT does not but a slight decrease in body fat.
	Body Fat (%)	23,1	24,3	-	-	25,9	25,1		

HIIT: high-intensity interval training, BMI: body mass index

Methodological quality of studies

The overall quality (EPHPP) of the studies analyzed was weak. Seven studies were considered of weak quality (Baquet et al., 2010; Gamelin et al., 2009; Lambrick et al., 2015; Lau et al., 2015; McNarry et al., 2015; Mucci et al., 2013; Nourry et al., 2005) and three moderate (Corte de Araujo et al., 2012; McManus et al., 2005; Rosenkranz et al., 2012). Out of the 10 studies analyzed (EPHPP) in respect of risk of bias, one article was moderate (Corte de Araujo et al., 2012) and nine weak (Baquet et al., 2010; Lambrick et al., 2016).

4.1.5 Discussion

HIIT is based on short bouts of high intensity exercise as an alternative approach to achieve the health benefits delivered when performing physical activity in a short period of time (Burgomaster et al., 2006). HIIT in adolescents can significantly improve cardiorespiratory fitness, BMI, and decrease body fat percentage, in comparison to moderate intensity training and non-training control group conditions (Costigan et al., 2015). However, in preadolescents, evidence is not clear enough when comparing HIIT to other forms of exercise (Racil et al., 2016). In this review, HIIT programs were consistently associated with an improvement in the cardiorespiratory fitness. On the other hand, body composition results are very inconsistent in BMI and body mass, however body fat shows a decrease in most studies.

Regarding cardiorespiratory fitness, HIIT has the potential to improve cardiorespiratory fitness in preadolescents. For this study, 10 articles were analyzed and 9 of them (Table 2) reported a significant increase in cardiorespiratory fitness (Baquet et al., 2010; Corte de Araujo et al., 2012; Gamelin et al., 2009; Lambrick et al., 2015; McManus et al., 2005; McNarry et al., 2015; Mucci et al., 2013; Nourry et al., 2005; Rosenkranz et al., 2012). Only one did not present a significant increase (Lau et al., 2015). This result is consistent with

other reviews (Buchheit & Laursen, 2013; Costigan et al., 2015; Dobbins et al., 2013; García-Hermoso et al., 2016). Therefore there is enough evidence to conclude that children and adolescents must engage in vigorous physical activity to improve their cardiorespiratory fitness. HIIT can be accomplished in a short period of time and the results are similar or better on cardiorespiratory fitness compared to traditional endurance training (Dobbins et al., 2013). The body composition data showed that HIIT, in comparison with other training programs or non-exercise groups (Table 3), can enhance body composition in children (Logan et al., 2014). Nevertheless, in this review only 3 studies showed a decrease of BMI through HIIT (Corte de Araujo et al., 2012; Gamelin et al., 2009; McNarry et al., 2015) and one showed a decrease in the sum of skinfolds (Lau et al., 2015). Other studies showed not significant effect in reducing body fat with HIIT (Table 3) (Baquet et al., 2010; Corte de Araujo et al., 2012; Nourry et al., 2005; Rosenkranz et al., 2012). However, 3 studies in HIIT showed a decrease in fat mass percentage (Corte de Araujo et al., 2012; Nourry et al., 2005; Rosenkranz et al., 2012). The effect of HIIT is considerably larger than the effect of other interventions on body composition in young people (Dobbins et al., 2013) but its real effectiveness in preadolescent body composition is still unclear (García-Hermoso et al., 2016).

4.1.6 Limitations

The main limitation of the study was that several types of HIIT programs were implemented. In addition, different instruments to perform measurements were used. Although the studies addressed the same topic, the heterogeneity of the variables reduces the strength of the conclusions generated. Other limitations of the study were: not examining cardiometabolic effects of HIIT, not performing meta-analysis, and weak quality of studies.

4.1.7 Conclusion

According to the studies analyzed, it is still unclear which HIIT protocol produces benefits for preadolescents' health. Future research should examine the effects of various HIIT interventions to determine the optimum strategy to produce health benefits. Also, the minimum duration and frequency of HIIT bouts must be determined if it is to be used as an alternative to physical activity recommendations in children. Literature should scientifically determine the intensity, duration of exercise, and rest bouts, as well as total duration of the session and the program. Exercise intensity measurements must also be stated and easily translated to practice by the subjects.

Researches should explicitly show the differences between the HIIT intervention group and the control or traditional endurance-training group, since the scale of HIIT difference to other exercise modalities is of great interest for the public health.

Ethical disclosures

Protection of human and animal subjects. The authors declare that no experiments were performed on humans or animals for this study.

Confidentiality of data. The authors declare that no identifiable children data appear in this article.

Right to privacy and informed consent. The authors declare that no identifiable children data appear in this article.

Conflicts of interest. The authors have no conflicts of interest to declare.

4.1.8 References

Baquet, G., E, van P., & Berthoin, S. (2003). Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Medicine*, 33(15), 1127–1143. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333150-00004>

- Baquet, G., Gamelin, F.-X., Mucci, P., Thévenet, D., Van Praagh, E., & Berthoin, S. (2010). Continuous vs. interval aerobic training in 8- to 11-year-old children. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1381–1388.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d1575a>
- Bassuk, S. S., & Manson, J. E. (2014). Physical Activity and Health in Women. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 8(3), 144–158.
<https://doi.org/10.1177/1559827613510870>
- Bendiksen, M., Williams, C. A., Hornstrup, T., Clausen, H., Kloppenborg, J., Shumikhin, D., ... Krstrup, P. (2014). Heart rate response and fitness effects of various types of physical education for 8- to 9-year-old schoolchildren. *European Journal of Sport Science*, 14(8), 86–869.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2014.884168>
- Boutcher, S. H. (2011). High-intensity intermittent exercise and fat loss. *Journal of Obesity*, 2011. <https://doi.org/10.1155/2011/868305>
- Buchan, D. S., Ollis, S., Thomas, N. E., Buchanan, N., Cooper, S. M., Malina, R. M., & Baker, J. S. (2011). Physical activity interventions: effects of duration and intensity. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(6), 341– 351. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01303.x>
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part II: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Medicine*, 43(10), 927–954.
<https://doi.org/10.1007/s40279-013-0066-5>
- Burgomaster, K., Heigenhauser, G. J. F., Gibala, M. J., & Kirsten, A. (2006). Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. *Journal of Applied Physiology*, 1(100), 2041–2047.
<https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01220.2005>
- Corte de Araujo, A. C., Roschel, H., Picanço, A. R., do Prado, D. M. L., Villares, S. M. F., de Sá Pinto, A. L., & Gualano, B. (2012). Similar health benefits of endurance and high-intensity interval training in obese children. *PLoS ONE*, 7(8), 1–8.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042747>
- Costigan, S. A., Eather, N., Plotnikoff, R. C., Taaffe, D. R., & Lubans, D. R. (2015). High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49(19), 1253–1261. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094490>
- Dobbins, M., Husson, H., Decorby, K., & LaRocca, R. (2013). School-based physical activity programs for promoting physical activity and fitness in children and adolescents aged 6 to 18 (Review). *Cochrane Database Systematic Reviews*, 18(2).
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD007651.pub2> www.cochranelibrary.com
- Donnelly, J. E., Jacobsen, D. J., Whatley, J. E., Hill, J. O., Swift, L. L., Cherrington, A., ...

- Reed, G. (1996). Nutrition and Physical Activity Program to Attenuate Obesity and Promote Physical and Metabolic Fitness in Elementary School Children. *Obesity Research*, 4(3), 229–243. <https://doi.org/10.1002/j.1550-8528.1996.tb00541.x>
- Farah, B. Q., Ritti-Dias, R. M., Balagopal, P., Hill, J. O., & Prado, W. L. (2014). Does exercise intensity affect blood pressure and heart rate in obese adolescents? A 6-month multidisciplinary randomized intervention study. *Pediatric Obesity*, 9(2), 111–120. <https://doi.org/10.1111/j.2047-6310.2012.00145.x>
- Foster, C., Farland, C. V., Guidotti, F., Harbin, M., Roberts, B., Tuuri, A., ... Porcari, J. P. (2015). The Effects of High Intensity Interval Training vs Steady State Training on Aerobic and Anaerobic Capacity. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14, 747–755. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000476771.63318.52>
- Gamelin, F. X., Baquet, G., Berthoin, S., Thevenet, D., Nourry, C., Nottin, S., & Bosquet, L. (2009). Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *European Journal of Applied Physiology*, 105(5), 731–738. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0955-8>
- Garcia-Hermoso, A., Cerrillo-Urbina, A. J., Herrera-Valenzuela, T., Cristi-Montero, C., Saavedra, J. M., & Martínez-Vizcaino, V. (2016). Is high-intensity interval training more effective on improving cardiometabolic risk and aerobic capacity than other forms of exercise in overweight and obese youth? A meta-analysis. *Obesity Reviews*, 17(6), 531–540. <https://doi.org/10.1111/obr.12395>
- Gibala, M. J., Little, J. P., MacDonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology*, 590(5), 1077–1084. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.224725>
- Keating, S., Machan, E., O'Connor, H., Gerofi, J., Sainsbury, A., Caterson, I., & Johnson, N. (2014). Continuous exercise but not high intensity interval training improves fat distribution in overweight adults. *Journal of Obesity*, 2014, 25–27.
- Lambrick, D., Stoner, L., Grigg, R., & Faulkner, J. (2016). Effects of continuous and intermittent exercise on executive function in children aged 8-10 years. *Psychophysiology*, 53(9), 1335–1342. <https://doi.org/10.1111/psyp.12688>
- Lambrick, D., Westrupp, N., Kaufmann, S., Stoner, L., & Faulkner, J. (2015). The effectiveness of a high-intensity games intervention on improving indices of health in young children. *Journal of Sports Sciences*, 34(3), 190–8. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1048521>
- Langford, R., Bonell, C., Jones, H., Poulou, T., Murphy, S., Waters, E., ... Campbell, R. (2015). The World Health Organization's Health Promoting Schools framework: a Cochrane systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*, 15(1), 130. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1360-y>
- Lau, P. W. C., Wong, D. P., Ngo, J. K., Liang, Y., Kim, C. G., & Kim, H. S. (2015). Effects of high-intensity intermittent running exercise in overweight children. *European*

- Journal of Sport Science*, 15(2), 182–190.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2014.933880>
- Logan, G. R. M., Harris, N., Duncan, S., & Schofield, G. (2014). A review of adolescent high-intensity interval training. *Sports Medicine*, 44(8), 1071–1085.
<https://doi.org/10.1007/s40279-014-0187-5>
- McManus, A. M., Cheng, C. H., Leung, M. P., Yung, T. C., & Macfarlane, D. J. (2005). Improving aerobic power in primary school boys: A comparison of continuous and interval training. *International Journal of Sports Medicine*, 26(9), 781–786.
<https://doi.org/10.1055/s-2005-837438>
- McNarry, M. A., Lambrick, D., Westrupp, N., & Faulkner, J. (2015). The influence of a six-week, high-intensity games intervention on the pulmonary oxygen uptake kinetics in prepubertal obese and normal-weight children. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(10), 1012–1018. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0051>
- Mucci, P., Baquet, G., Nourry, C., Deruelle, F., Berthoin, S., & Fabre, C. (2013). Exercise testing in children: Comparison in ventilatory thresholds changes with interval-training. *Pediatric Pulmonology*, 48(8), 809–816. <https://doi.org/10.1002/ppul.22646>
- Nourry, C., Deruelle, F., Guinhouya, C., Baquet, G., Fabre, C., Bart, F., ... Mucci, P. (2005). High-intensity intermittent running training improves pulmonary function and alters exercise breathing pattern in children. *European Journal of Applied Physiology*, 94(4), 415–423. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-1341-4>
- Pate, R. R. (2006). Promoting Physical Activity in Children and Youth. *Circulation*, 114(11), 1214–1224. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.177052>
- Racil, G., Coquart, J. B., Elmontassar, W., Haddad, M., Goebel, R., Chaouachi, A., ... Chamari, K. (2016). Greater effects of high-compared with moderate- intensity interval training on cardio-metabolic variables, blood leptin concentration and ratings of perceived exertion in obese adolescent females. *Biology of Sport*, 33(2), 145–152. <https://doi.org/10.5604/20831862.119863>
- Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Tjonna, A. E., Beetham, K. S., & Coombes, J. S. (2015). The Impact of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training on Vascular Function: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 45(5), 679–692. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0321-z>
- Rosenkranz, S. K., Rosenkranz, R. R., Hastmann, T. J., & Harms, C. A. (2012). High-intensity training improves airway responsiveness in inactive nonasthmatic children: evidence from a randomized controlled trial. *Journal of Applied Physiology*, 112(7), 1174–1183. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00663.2011>
- Shultz, S. P., Anner, J., & Hills, A. P. (2009). Paediatric obesity, physical activity and the musculoskeletal system. *Obesity Reviews*, 10(5), 576–582.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2009.00587.x>

Zabinski, M. F., Saelens, B. E., Stein, R. I., Hayden-Wade, H. a, & Wilfley, D. E. (2003).
Overweight children's barriers to and support for physical activity. *Obesity Research*,
11(2):238-246 <https://doi.org/10.1038/oby.2003.37>

4.2 Estudio II – Efecto de juegos intermitentes de alta intensidad sobre la aptitud cardiorrespiratoria y la composición corporal en escolares: Protocolo de un estudio aleatorio controlado.

Reyes-Amigo, T.; Soto-Sánchez, J. & Palmeira A. Efecto de juegos intermitentes de alta intensidad sobre la APC y la composición corporal en escolares: Protocolo de un estudio aleatorio controlado. *Gymnasium*. 2018;3(1):1-10.

Nota: Este estudio fue publicado en la Revista Gymnasium. A continuación se presenta como fue aceptado; posterior a la revisión de pares.

4.2.1 RESUMEN

Introducción: El entrenamiento intermitente de alta intensidad (HIIT) ha recibido interés científico los últimos años. Este artículo presenta el protocolo de un estudio que tiene como objetivos analizar los efectos de una intervención con juegos intermitentes de alta intensidad sobre la aptitud cardiorrespiratoria y la composición corporal en escolares; y la respuesta de estos en las sesiones de alta intensidad. **Método:** El protocolo considera escolares chilenos de 9 a 12 años. Los participantes serán divididos en un grupo intervenido con juegos intermitentes de alta intensidad (HIIG) y otro grupo intervenido con juegos de intensidad moderada (MIG). Se reunirán datos de la prueba de 20 metros ida y vuelta (aptitud cardiorrespiratoria), pliegues cutáneos, impedancia bioeléctrica, índice de masa corporal y circunferencia de cintura (composición corporal); y acelerometría (nivel de actividad física). La intervención será durante clases de educación física, con una duración de 11 semanas y una frecuencia de dos veces por semana. **Expectativas:** El estudio se enmarca en un contexto escolar, por tanto los resultados son relevantes respecto de la actividad física de alta intensidad en las clases de educación física. Al finalizar el estudio se espera que los estudiantes del HIIG incrementen la condición física cardiorrespiratoria y mejoren la composición corporal. En MIG, no se esperan cambios significativos.

Palabras claves: HIIT, Niños, Aptitud cardiorrespiratoria, Composición corporal, Educación física.

Registro de Protocolo (Clinical Trials.gov): NCT03308500

ABSTRACT

Introduction: High-intensity intermittent training (HIIT) has received scientific interest in recent years. This article presents the protocol of a study that aims to analyze the effects of an intervention of high-intensity intermittent games on cardiorespiratory fitness and body composition in school children; and the response of these in the high intensity sessions. **Method:** The protocol considers Chilean school children from 9 to 12 years. Participants will be divided into a group with high-intensity intermittent games (HIIG) and another group with moderate intensity games (MIG). Data will be collected from the; 20-m shuttle run test (cardiorespiratory fitness), skinfolds, bioelectrical impedance, body mass index, waist circumference (body composition); and accelerometry (physical activity level). The intervention will be during physical education classes, lasting 11 weeks and a frequency of two times a week. **Expectation:** The study is framed in a school context, therefore the results are relevant with respect the high-intensity physical activity in physical education classes. At the end of the study, HIIG students are expected to increase cardiorespiratory fitness and improve body composition. At MIG, no significant changes are expected.

Keywords: HIIT, Children, Cardiorespiratory fitness, Body composition, Physical education. Protocol Registration (Clinical Trials.gov): NCT03308500

4.2.2 INTRODUCCIÓN

La práctica de actividad física está asociada con beneficios para la salud, sin embargo gran parte de la población infantil no cumple con las recomendaciones internacionales (Metcalf et al., 2012). Este es un asunto preocupante para la salud de las futuras generaciones, ya que la inactividad física aumenta el riesgo cardiovascular produciendo enfermedades coronarias, metabólicas (obesidad, diabetes tipo II) e incluso la muerte en edad adulta (Lee et al., 2012). Fernandes & Zanesco (2014) señalan que la participación de los niños en diferentes tipos de actividad física tiene una alta asociación con una baja prevalencia de enfermedades crónicas en la edad adulta; por lo tanto la participación diaria en juegos al aire libre, actividades de acondicionamiento físico y deportes recreativos es un factor protector de la salud en niños y adolescentes (Janssen & LeBlanc, 2010). Zahner et al., (2006) señalan que las alteraciones en la aptitud cardiorrespiratoria y la composición corporal son factores de riesgo de enfermedad; por lo tanto, las acciones diseñadas en etapas tempranas son urgentemente necesarias.

Mckenzie et al., (1995) señalan que en el currículo escolar, la clase de educación física debería ser la instancia que promueva la importancia de la actividad física regular, ya que la clase de educación física constituye el único tiempo en el que la mitad de la población infantil realiza algún tipo de actividad física; por lo tanto esta asignatura puede influir no sólo sobre el gasto energético, sino también en el gusto por diferentes actividades físicas, y de esta forma niños y adolescentes incorporen este aspecto a su estilo vida (Moreno et al., 2012).

Hoy en día, es temática de interés científico la aplicación de diferentes métodos para el desarrollo de la aptitud cardiorrespiratoria (Corte de Araujo et al., 2012; Keating et al., 2014). Uno de los métodos estudiados es el entrenamiento intermitente de alta intensidad (HIIT), el cual se describe como ejercicios intermitentes de carácter explosivo y vigoroso, con períodos de descanso o ejercicios de baja intensidad (Gibala et al., 2006). Lo mencionado anteriormente tiene relación con los patrones de actividad física habitual de los niños, es decir, de naturaleza intermitente, caracterizados por cambios rápidos del reposo a la actividad física vigorosa (Howe et al., 2010). HIIT ofrece infinitas variantes manteniendo la naturaleza del estímulo y las intervenciones con este método han reportado resultados positivos en la aptitud cardiorrespiratoria (Baquet et al., 2010; Gibala et al., 2012; Racil et al., 2016). Lo interesante es que la aptitud cardiorrespiratoria es considerada un importante marcador de salud (Ortega et al., 2008).

Costigan, et al., (2015) y Logan et al., (2014) examinaron los efectos de HIIT en niños y adolescentes obesos reportando hallazgos que indican modificaciones en la masa grasa, la masa magra y el índice masa corporal (IMC). Por las razones señaladas es que el estudio de HIIT a cobrado interés los últimos años, específicamente en niños y jóvenes, debido a los efectos en la aptitud cardiorrespiratoria, la composición corporal y en marcadores metabólicos (Boutcher, 2011; Lambrick et al., 2016; Murphy et al., 2015).

4.2.3 OBJETIVOS

El artículo presenta el protocolo del estudio, cuyos objetivos son analizar los efectos de juegos intermitentes de alta intensidad (HIIG) versus una intervención de juegos de moderada intensidad (MIG) sobre la aptitud cardiorrespiratoria y la composición corporal en escolares; y también analizar la respuesta de los participantes en las sesiones de HIIG (mayor tiempo de movimiento a una intensidad elevada) mediante la frecuencia cardíaca (indicador objetivo) y la percepción del esfuerzo (indicador subjetivo) como una prueba de concepto respecto de que es posible diseñar clases de

educación física con HIIG. La hipótesis formulada señala que HIIG contribuye favorablemente a la aptitud cardiorrespiratoria y la composición corporal en escolares.

4.2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

(Registro de protocolo Clinical Trails.gov: NCT03308500)

Diseño experimental con pre y post-test; los participantes formarán dos grupos; HIIG y MIG. Ambos tendrán dos sesiones por semana durante las 11 semanas de intervención. Tres meses después de terminar la intervención se realiza una tercera medición (Follow up).

4.2.5 MÉTODO

El protocolo fue desarrollado acorde con los Ítems del Protocolo Estándar: Recomendaciones para los Ensayos de Intervención (SPIRIT). Revisar lista de control recomendada por SPIRIT Figura 2.

	PERIODO DEL ESTUDIO					
	Inscripción	Medición	Post-asignación (semanas)			
Línea de tiempo	-1	0	1th	11th	Después de 11 semanas	Seguimiento (3 meses)
INSCRIPCIÓN						
Criterios de elección	X					
Consentimiento informado	X					
Exámenes físicos	X					
Aleatorización y asignación		X				
INTERVENCIÓN						
Juegos intermitentes de alta intensidad (HIIG)			↔			
Juegos de intensidad moderada (MIG)			↔			
MEDICIONES						
Aptitud cardiorrespiratoria		X			X	X
Composición corporal		X			X	X
Nivel de actividad física		X			X	X

Figura 2 - Lista de verificación de información sobre el reclutamiento de los voluntarios y las variables evaluadas en cada periodo. HIIG juegos intermitentes de alta intensidad; MIG juegos de intensidad moderada.

Contexto de estudio

El estudio se llevará a cabo en las clases de educación física de un colegio ubicado en la comuna de Valparaíso, Chile.

Criterios de inclusión

Los participantes son voluntarios de 9 a 12 años, maduración biológica equivalente a las etapas I y II de Tanner (Tanner & Whitehouse, 1976) y que no participen en ningún programa regular de ejercicio físico.

Criterios de exclusión

Los voluntarios excluidos serán los que presenten enfermedades crónicas, cardiovasculares o metabólicas (excepto obesidad), limitaciones ortopédicas, asistencia inferior a un 90% que no asistan a las sesiones de medición y/o que tengan una repuesta negativa a la intervención.

Intervención

La intervención (Tabla 4) se extiende por 11 semanas, con dos sesiones por semana. Las sesiones para ambos programas tiene una duración de 45 minutos. La sesión del programa HIIG se divide en 5 minutos de calentamiento, 32 minutos de intervención y 8 minutos de enfriamiento. El programa MIG tiene una duración total de 45 minutos divididos en 10 minutos de calentamiento, 32 minutos 40 segundos de intervención y 2 minutos 20 segundos de enfriamiento. Por lo tanto el grupo HIIG tiene un tiempo activo de 29 minutos y un tiempo pasivo de 16 minutos; mientras que el grupo MIG tiene un tiempo activo de 32 minutos y un tiempo pasivo de 13 minutos.

El grupo HIIG contempla cuatro juegos por sesión; dos juegos de relevos y dos juegos pre-deportivos de colaboración y oposición en espacios reducidos (3 versus 3 o 4 versus 4). Los juegos tienen una duración de 6 minutos con 2 minutos de pausa.

El grupo MIG realizará cuatro juegos cooperativos o dinámicas de grupo por sesión. Los juegos tienen una duración de 5 minutos 30 segundos con pausas de 2 minutos 40 segundos.

La intensidad será controlada mediante la frecuencia cardíaca (Polar M400, Finland) y el indicador de percepción de esfuerzo (RPE). La intervención se basa en programas de ejercicio

descritos por diversos estudios (Baquet et al., 2010; Bendiksen et al., 2014; Lambrick et al., 2016; Lau et al., 2015; Robertson et al., 2005; Seabra et al., 2016). Las sesiones de ambos grupos son parte de las clases de educación física y son conducidas por dos profesores de educación física y cinco estudiantes de la carrera de pedagogía educación física. Los momentos de intervención serán: Reclutamiento y revisión, pretest, posttest y seguimiento tres meses de finalizada la intervención (Fig. 2).

Tabla 4 Descripción de la intervención

Grupos	Contenidos	Descripción	Tiempos
HIIG	Calentamiento Intervención	Juego persecución y movilidad articular 2 juegos de relevos: Formación de grupos (3-4). Cada miembro de los grupos se desplaza en velocidad en su turno hasta un punto determinado. Variantes: distancias, implementos (balones, conos, aros). 2 juegos pre-deportivos C-O: Formación de equipos (5-6) y división de espacio de juego. Los jugadores de un equipo cooperan entre sí, mientras el oponente intenta evitar que logren el objetivo. Variantes: número de jugadores de un equipo, espacio, objetivos, implementos, tareas.	5 min 32 min total Juegos: 6 min activos/ 2 min recuperación
	Enfriamiento	Intensidad: 75-90% FCmáx - RPE 6-8 Flexibilidad	8 min
MIG	Calentamiento Intervención	Juegos de persecución y movilidad articular 4 juegos cooperativos o dinámicas de grupo de carácter continuo.	10 min 32 min 40 s total Juegos: 5 min 30 s activo/ 2 min 40 s recuperación
	Enfriamiento	Intensidad: 60-74% FCmáx- RPE 4-5 Flexibilidad	2 min 20 s

HIIG: Juegos intermitentes de alta intensidad; MIG: Juegos de moderada intensidad; FCmáx: Frecuencia cardíaca máxima; min: Minutos; s: Segundos; C-O: Colaboración y oposición.

Variables resultados (Outcomes)

Los participantes realizarán cinco mediciones en tres momentos; antes de la intervención, una vez terminada la intervención y después de tres meses finalizada la intervención. Las mediciones se aplicarán durante cinco días con una duración de 90 minutos por jornada.

El *outcome* primario es la aptitud cardiorrespiratoria estimada por medio del test de 20 metros ida y vuelta (20 MST) ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) y el *outcome* secundario es la composición corporal determinada mediante el porcentaje de grasa, el índice de masa corporal (IMC) (kg/m^2) y la circunferencia de cintura (CC) (cm); y el nivel de actividad física a través de acelerómetros (acelerometría).

Participantes

El proceso de investigación de los participantes se explica en la Figura 3.

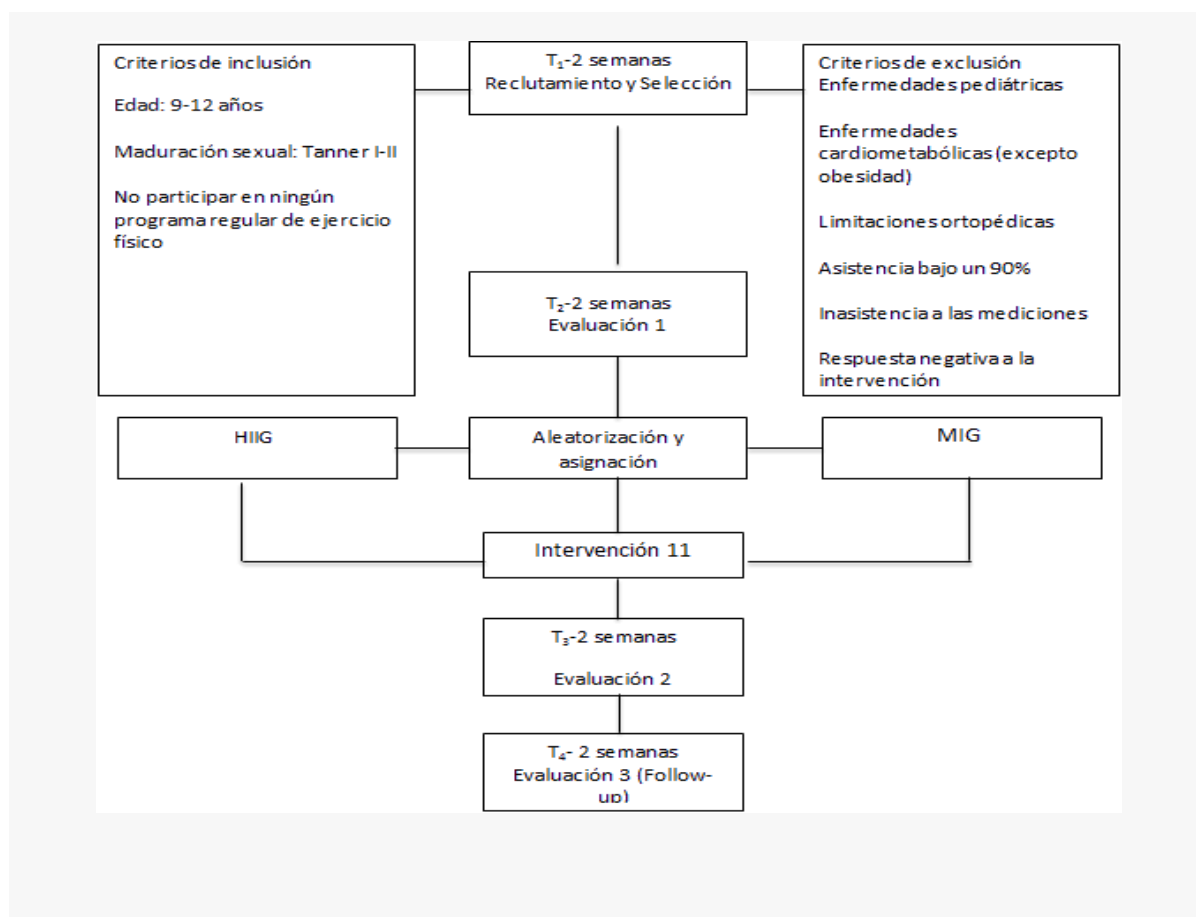


Figura 3 - Diagrama de flujo de la aleatorización del estudio. Proporciona información detallada sobre el reclutamiento de los voluntarios y las mediciones de control en el estudio. T1 momento 1, T2 momento 2, T3 momento 3, T4 momento 4.

Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra será calculada con el análisis de varianza con una potencia estadística de 0.95, una probabilidad de error de 0.05 y un efecto del tamaño muestral de 0.5. Con este análisis se predice que el tamaño de muestra apropiado para el estudio es 54 participantes (G-power program 3.1.3, Germany).

Reclutamiento

Los participantes serán reclutados entre agosto y septiembre del año 2017. Se invitará a participar a los estudiantes a través de reuniones, documentos informativos y correos electrónicos, tanto para el equipo directivo del colegio como para padres y estudiantes.

Asignación

La técnica aplicada será la aleatorización simple. Se utilizará el método más común de la aleatorización simple; lanzamiento de la moneda. Un colaborador externo ejecutará el proceso de aleatorización.

Recolección de datos

Aptitud cardiorrespiratoria (Test 20 metros de ida y vuelta)

Para esta prueba, los sujetos deben correr entre dos líneas separadas por 20 metros. Un CD pregrabado indica a través de un sonido breve y agudo, el instante en que cada sujeto tiene que alcanzar la línea para mantener una velocidad constante durante todo el ejercicio. Un sonido más largo marcará los cambios en la etapa. La velocidad de la pista se comprueba antes de cada sesión. La prueba comienza con 8,5 km/h y aumenta en 0,5 km/h por 1 minuto (Buchan et al., 2011; Leger et al., 1988).

Composición corporal

El porcentaje de grasa se medirá a través del método de impedancia bioeléctrica (Racil et al., 2016) mediante la balanza TANITA BC 554 IRONMAN®, en el caso de los escolares obesos. El dato del porcentaje de grasa de los escolares normopeso se obtendrá a partir de pliegues cutáneos (tricipital, subescapular y pantorrilla) con el adipómetro Lange Skinfold Caliper (Lohman, 1987; Slaughter et al., 1988; Vasquez et al., 2012). La altura y el peso corporal serán medidos con un estadiómetro y una balanza marca SECA. A partir de los datos de altura y peso se obtendrá el IMC. La CC es medida en un plano horizontal en el punto medio entre el borde

inferior de la última costilla y el borde superior de la cresta ilíaca en la espiración profunda (cinta métrica Lufkin W606P) (Marshall et al., 2004).

Nivel de actividad física

El tiempo empleado en la realización de actividad física será medido con un acelerómetro triaxial (Actigraph gt3x) utilizado en el lado derecho de la cintura. Los acelerómetros se utilizarán durante tres días consecutivos las 24 horas del día. Este equipo sólo será retirado antes de realizar actividades en las cuales el equipo pueda estar en contacto con el agua (Andersen et al., 2011).

Gestión de datos

Los datos se recogerán en un establecimiento educacional de la comuna de Valparaíso y en el Laboratorio de Evaluación y Ejercicio de Prescripción de la Universidad de Playa Ancha. El proceso de recogida de datos será realizado por cinco colaboradores y entregados al co-investigador que los introducirá en dos bases de datos; Dropbox y Google Drive. Luego el investigador principal ordenará los datos y los introducirá en un programa estadístico.

Análisis estadístico

Los datos se expresan en medias y desviación estándar. La distribución normal será verificada por la prueba de Kolmogorov-Smirnov, mientras que la homogeneidad de la varianza se evaluará mediante la prueba de Levene. Las comparaciones inter e intragrupo de las variables serán calculadas mediante ANOVA bidireccional (grupo vs. tiempo) con mediciones repetidas para determinar los efectos principales y de interacción entre los grupos. El porcentaje de cambio entre la prueba previa y posterior se calculará para cada variable. Se aplicará ANOVA unidireccional para determinar la diferencia del cambio porcentual entre los grupos. El nivel de significación estadística se establece en un valor $p \leq 0,05$. Todos los análisis se realizarán utilizando el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (IBMSPPS) versión 23.0.

Ética

El estudio se diseñará de acuerdo con las normas éticas internacionales de la Declaración de Helsinki de 1975, además de tener la aprobación del Comité de Bioética de la Universidad de Playa Ancha, número 001/2017. El asesoramiento completo acerca del protocolo se entregará tanto a

los estudiantes como a los padres; todos ellos firmarán un formulario de consentimiento y asentimiento por escrito antes de comenzar el estudio.

Acceso a los datos

Los investigadores de este estudio, así como los colaboradores que trabajan en el proyecto, tendrán acceso a los datos. El conjunto de datos se pondrá a disposición de los investigadores y pares revisores que los requieran a través de una carpeta virtual en la aplicación Dropbox.

Diseminación

Este estudio finalizará en la segunda mitad de 2018 y los resultados se publicarán en revistas científicas internacionales revisadas por pares, en un número de 4 artículos y también los hallazgos serán difundidos en 2 congresos o reuniones científicas.

Expectativas

El análisis de nuevos métodos y estrategias de intervención en niños y jóvenes actualmente es de suma importancia, debido al aumento de la inactividad física en este grupo etario convirtiéndose esto en un problema de salud pública (Langford et al., 2015).

Sallis & McKenzie (1991) propusieron la modificación de la educación física, para que las escuelas proporcionarán el tiempo y la calidad de las clases necesaria para que estas tuvieran impacto en la salud de los niños. Esto se da debido a que muchos niños dependen de la clase de educación física para cumplir con los estándares de actividad física recomendados; por lo tanto, de acuerdo a Sallis & McKenzie (1991), se necesitan investigaciones sobre los contenidos de los programas de ejercicio físico para enfatizar en estos la importancia de la vida activa en la salud.

La educación física es fundamental en la promoción de una vida activa y saludable, ya que el 97 por ciento de los estudiantes cursa esta asignatura durante su etapa escolar; por lo tanto la educación física puede tener importantes efectos sobre la vida activa de las personas y en consecuencia en la salud pública de un país; sin embargo esto no significa abandonar todos los demás objetivos de la educación física, como el conocimiento del movimiento, habilidades motrices, deportes, entre otros, sino que sólo enfatizar en los beneficios del ejercicio para la salud (Sallis et al., 1997).

El incremento de las enfermedades crónicas no transmisibles ha provocado una crisis en la salud de los países desarrollados y en vías de desarrollo que afecta a todos los grupos etarios, por lo cual los profesionales de la salud y de la educación deben colaborar en la formulación de políticas para optimizar la contribución de la educación física en la salud desde la etapa infantil (McKenzie et al., 2004).

Actualmente resultan necesarios nuevos programas de actividad física que incrementen en los escolares la intensidad de la actividades (moderada-vigorosa) con el fin de que esta tenga un impacto en la salud (Sallis et al., 2012). De acuerdo a lo anterior, cobra relevancia este estudio, ya que contribuye al conocimiento científico estudiando los efectos de un nuevo método de ejercicio físico (HIIT) en niños, el cual aún carece de claridad total en cuanto a su aplicación e implementación (Biddle & Batterham, 2015).

Desde un punto de vista práctico, el estudio pretende demostrar científicamente una estrategia para orientar las actividades de las clases de educación física, basadas en criterios didácticos y fisiológicos, para colaborar en la prevención de enfermedades crónicas y aumentar la participación de los niños en la clase de educación física (Pate, 2006).

El estudio se guía por investigaciones que evidencian el uso práctico de HIIT en niños. Por este motivo al realizar el análisis de los datos, se espera que los estudiantes del HIIG se beneficien incrementando la aptitud cardiorrespiratoria y mejorando la composición corporal, es decir, disminuyendo la grasa corporal, IMC, la circunferencia de cintura. En el MIG, no se esperan cambios significativos en los valores de ninguna de las variables analizadas. Es posible que los resultados deseados se atribuyan a los efectos fisiológicos de los juegos de alta intensidad de carácter intermitente asociados con el protocolo de ejercicio propuesto.

Financiamiento

Convenio de Desempeño UPA1301

4.2.6 REFERENCIAS

1. Andersen, L. B., Bugge, A., Dencker, M., Eiberg, S., & Naaman, B. E. L. (2011). The association between physical activity , physical fitness and development of metabolic disorders, 6(June), 29–34.

<https://doi.org/10.3109/17477166.2011.606816>

2. Baquet, G., Gamelin, F.-X., Mucci, P., Thévenet, D., Van Praagh, E., & Berthoin, S. (2010). Continuous vs. *interval aerobic training in 8- to 11-year-old children*. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1381–1388. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d1575a>
3. Bendiksen, M., Williams, C. A., Hornstrup, T., Clausen, H., Kloppenborg, J., Shumikhin, D., ... Krstrup, P. (2014). Heart rate response and fitness effects of various types of physical education for 8- to 9-year-old schoolchildren. *European Journal of Sport Science*, 14(8), 861–869. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.884168>
4. Biddle, S. J. H., & Batterham, A. M. (2015). High-intensity interval exercise training for public health: a big HIT or shall we HIT it on the head? *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 12(1), 95. <https://doi.org/10.1186/s12966-015-0254-9>
5. Boutcher, S. H. (2011). High-intensity intermittent exercise and fat loss. *Journal of Obesity*, 2011. <https://doi.org/10.1155/2011/868305>
6. Buchan, D. S., Ollis, S., Thomas, N. E., Buchanan, N., Cooper, S. M., Malina, R. M., & Baker, J. S. (2011). Physical activity interventions: effects of duration and intensity. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(6), 341–351. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01303.x>
7. Corte de Araujo, A. C., Roschel, H., Picanço, A. R., do Prado, D. M. L., Villares, S. M. F., de Sá Pinto, A. L., & Gualano, B. (2012). Similar health benefits of endurance and high-intensity interval training in obese children. *PLoS ONE*, 7(8), 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042747>
8. Costigan, S. A., Eather, N., Plotnikoff, R. C., Taaffe, D. R., & Lubans, D. R. (2015). High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49(19), 1253–1261. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094490>
9. Fernandes, R. A., & Zanesco, A. (2014). Early sport practice is related to lower prevalence of cardiovascular and metabolic outcomes in adults independently of overweight and current physical activity. *Medicina (Lithuania)*, 51(6), 336–342. <https://doi.org/10.1016/j.medici.2015.10.003>
10. Gibala, M. J., Little, J. P., MacDonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological

- adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology*, 590(5), 1077–1084. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.224725>
11. Howe, C. A., Freedson, P. S., Feldman, H. A., & Osganian, S. K. (2010). Energy expenditure and enjoyment of common children's games in a simulated free-play environment. *Journal of Pediatrics*, 157(6). <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2010.06.041>
 12. Janssen, I., & LeBlanc, A. G. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *Int.J.Behav.Nutr.Phys.Act.*, 7, 40-. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-7-40>
 13. Keating, S., Machan, E., O'Connor, H., Geroft, J., Sainsbury, A., Caterson, I., & Johnson, N. (2014). Continuous exercise but not high intensity interval training improves fat distribution in overweight adults. *Journal of Obesity*, 2014, 25–27.
 14. Lambrick, D., Westrupp, N., Kaufmann, S., Stoner, L., & Faulkner, J. (2016). The effectiveness of a high-intensity games intervention on improving indices of health in young children. *Journal of Sports Sciences*, 34(3), 190–198. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1048521>
 15. Langford, R., Bonell, C., Jones, H., Pouliou, T., Murphy, S., Waters, E., ... Campbell, R. (2015). The World Health Organization's Health Promoting Schools framework: a Cochrane systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*, 15(1), 130. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1360-y>
 16. Lau, P. W. C., Wong, D. P., Ngo, J. K., Liang, Y., Kim, C. G., & Kim, H. S. (2015). Effects of high-intensity intermittent running exercise in overweight children. *European Journal of Sport Science*, 15(2), 182–190. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.933880>
 17. Lee, I.-M., Shiroma, E. J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S. N., & Katzmarzyk, P. T. (2012). Impact of Physical Inactivity on the World's Major Non-Communicable Diseases. *Lancet*, 380(9838), 219–229. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61031-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61031-9).
 18. Leger, L., Mercier, D., Godoury, C. & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, 6(2), 93–101. <https://doi.org/10.1080/02640418808729800>
 19. Logan, G. R. M., Harris, N., Duncan, S., & Schofield, G. (2014). A review of adolescent

- high-intensity interval training. *Sports Medicine*, 44(8), 1071–1085. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0187-5>
20. Lohman, T. (1987). The use of skinfold to estimate body fatness on children and youth. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance*, 58(9), 98–103. <https://doi.org/10.1080/07303084.1987.10604383>
21. Marshall, S. J., Biddle, S. J. H., Gorely, T., Cameron, N., & Murdey, I. (2004). Relationships between media use, body fatness and physical activity in children and youth: a meta-analysis. *International Journal of Obesity*, 28(10), 1238–1246. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802706>
22. McKenzie, T. L., Feldman, H., Woods, S., Romero, K., Dahlstrom, V., Stone, E., Strikmiller, P., Williston, J. & Harsha, D. (1995). Children ' s activity levels and lesson context during third-g. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 66(3), 184–193.
23. McKenzie, T. L., Sallis, J. F., Prochaska, J. J., Conway, T. L., Marshall, S. J., & Rosengard, P. (2004). Evaluation of a two-year middle-school physical education intervention: M-SPAN. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(8), 1382–1388. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000135792.20358.4D>
24. Metcalf, B., Henley, W., & Wilkin, T. (2012). Effectiveness of intervention on physical activity of children: systematic review and meta-analysis of controlled trials with objectively measured outcomes (EarlyBird 54). *Bmj*, 345(sep27 1), e5888–e5888. <https://doi.org/10.1136/bmj.e5888>
25. Moreno, L., Concha, F., & Kain, J. (2012). Intensidad de movimiento de escolares durante clases de educación física de colegios municipales: resultados según el profesional que efectúa las clases. *Revista Chilena de Nutrición*, 39(4), 123–128. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182012000400003>
26. Murphy, A., Kist, C., Gier, A. J., Edwards, N. M., Gao, Z., & Siegel, R. M. (2015). The Feasibility of High-Intensity Interval Exercise in Obese Adolescents. *Clinical Pediatrics*, 54(1), 87–90. <https://doi.org/10.1177/0009922814528038>
27. Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Sjöström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, 32(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
28. Pate, R. R. (2006). Promoting Physical Activity in Children and Youth: A Leadership Role for Schools: A Scientific Statement From the American Heart Association Council

- on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Physical Activity Committee) in Collaboration With the Co. *Circulation*, 114(11), 1214–1224. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.177052>
29. Racil, G., Coquart, J. B., Elmontassar, W., Haddad, M., Goebel, R., Chaouachi, A., ... Chamari, K. (2016). Greater effects of high- compared with moderate-intensity interval training on cardio-metabolic variables, blood leptin concentration and ratings of perceived exertion in obese adolescent females. *Biology of Sport*, 33(2), 145–152. <https://doi.org/10.5604/20831862.119863>
30. Robertson, R. J., Goss, F. L., Andreacci, J. L., Dubé, J. J., Rutkowski, J. J., Snee, B. M., ... Metz, K. F. (2005). Validation of the children's OMNI RPE scale for stepping exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(2), 290–298. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000149888.39928.9F>
31. Sallis, James F. & McKenzie, T. (1991). PE Role in Public Health. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 62(2), 124–137.
32. Sallis, J. F., McKenzie, T. L., Alcaraz, J. E., Kolody, B., Faucette, N., & Hovell, M. F. (1997). The Effects of a 2-Year Physical Education Program (SPARK) on Physical Activity and Fitness in Elementary School Students. *American Journal of Public Health*, 87(8), 1328–1334.
33. Sallis, J. F., McKenzie, T. L., Beets, M. W., Beighle, A., Erwin, H., & Lee, S. (2012). Physical Education's Role in Public Health: Steps Forward and Backward Over 20 Years and HOPE for the Future. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 83(2), 125–135. <https://doi.org/10.5641/027013612800745329>
34. Seabra, A., Katzmarzyk, P., Carvalho, M. J., Seabra, A., Coelho-Silva, M., Abreu, S., ... Malina, R. M. (2016). Effects of 6-month soccer and traditional physical activity programmes on body composition, cardiometabolic risk factors, inflammatory, oxidative stress markers and cardiorespiratory fitness in obese boys. *Journal of Sports Sciences*, 34(19), 1822–1829. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1140219>
35. Slaughter, A. M. H., Lohman, T. G., Boileau, R. A., Horswill, C. A., Stillman, R. J., Loan, M. D. V. A. N., & Bembien, D. A. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biology*, 60(5), 709–723.
36. Tanner, J. M., & Whitehouse, R. H. (1976). Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. *Archives of*

Disease in Childhood, 51(3) 170-179. <https://doi.org/10.1136/abc.51.3.170>

37. Vasquez, F., Diaz, E., Lera, L., Vasquez, L., Anziani, A., & Burrows, R. (2012). Agreement of anthropometric equations with the 4- component model in the prediction of body fat in obese schoolchildren. *Nutrition and Dietetics*, 69(2), 145–151. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0080.2012.01589.x>
38. Zahner, L., Puder, J. J., Roth, R., Schmid, M., Guldemann, R., Pühse, U., ... Kriemler, S. (2006). A school-based physical activity program to improve health and fitness in children aged 6–13 years (“Kinder-Sportstudie KISS”): study design of a randomized controlled trial [ISRCTN15360785]. *BMC Public Health*, 6(1), 147. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-6-147>

4.3 Estudio III – Effect of high-intensity versus moderate-intensity games on cardiorespiratory fitness and body composition in school children.

Reyes-Amigo, T., & Palmeira, A. (2018). Effect of high-intensity versus moderate-intensity games on cardiorespiratory fitness and body composition in school children. *Journal of Physical Activity and Health* (under review).

Nota: Este estudio fue sometido a la revista *Journal of Physical Activity and Health*. Lo presentado a continuación es el manuscrito que fue sometido en la revista señalada.

4.3.1 Abstract

Background: Physical education is an important resource to promote health in school children, strengthening the development of fitness. This study examined the effects of an 11-week intervention of high intensity and moderate intensity exercises on cardiorespiratory fitness (VO_{2max}) and body composition. **Methods:** Forty-eight children (aged $9,48 \pm 0.5$ years) were selected randomly to high-intensity intermittent games (HIIG) and moderate intensity games (MIG). VO_{2max} and body composition were measured in all subjects before and after intervention. **Results:** A significant time \times group interaction was observed for VO_{2max} ($F=35,275$, $P=.026$), where HIIG had increased the VO_{2max} from pre to post intervention compared with MIG. Body mass index (BMI) and BMI z-score did not change as a result of the intervention ($F=1,162$, $P=.287$). A significant time \times group interaction was observed for

Waist Circumference (WC) ($F= 7,106$, $P= .011$), where HIIG had increased the WC while the MIG decreased WC. There is no significant time \times group interaction for Percentage of body fat ($F= 0,408$, $P= .526$). This result is similar to the one obtained in the Sum of skinfolds.

Conclusions: Beneficial effects were observed on VO_{2max} with HIIG, while MIG showed improvements in WC.

Keywords: HIIT, children, cardiorespiratory fitness, body composition, physical education.

Globally, many adults, adolescents, and children do not engage in enough physical activity to be healthy ¹. Hence, the population's level of physical inactivity is severely high ². An inactive lifestyle in children presents major health implications such as poor physical fitness and metabolic diseases (obesity, type 2 diabetes, metabolic syndrome) ³.

Additionally, worldwide data shows significantly low percentages of children who are physically fit. Data published in a recent systematic review which included data from 50 countries indicated extremely low levels of good physical fitness in children and youth aged 9–17 years, especially in South America countries (Argentina, Chile, Brazil, Peru) and South European (Spain, Greece, Portugal, Italy) ⁴.

Cardiorespiratory fitness (VO_{2max}) is very important because not only determines performance in a wide range of activities, but it is also a health-related parameter ⁵. Some authors have shown that children with a higher level of physical activity, or who have been somehow physically trained during childhood, showed a higher level of physical activity and cardiorespiratory fitness in adulthood ⁶.

Anthropometric characteristics such as excess body weight and increased abdominal fat accumulation, as well as lifestyle parameters including the lack of physical activity and the adoption of poor dietary habits, are strongly and accurately associated with poor physical fitness in childhood and adolescence ⁷.

The high prevalence of childhood obesity, a multidimensional issue, has remained relatively constant over the past ten years all over the world, with no evidence of decreasing⁸. It is very important to lower the index of prevalence of childhood obesity since child health is affected. One approach that has the potential to address the high prevalence of children with increased body fat is to enhance the time and intensity of the physical activity in children⁹.

Recently, interest in higher-intensity intermittent training (HIIT) research has increased among researchers. They have provided evidence that it is associated with a significant impact on cardiorespiratory fitness and body composition, inducing greater health benefits than less intense forms of exercise¹⁰. Unlike adults, children's habitual physical activity patterns are highly intermittent in nature, characterized by rapid changes from rest to vigorous physical activity¹¹. HIIT activities are of particular importance and they reinforce the concept that physical activity guidelines may need to emphasize vigorous intensity exercises to maximize health benefits among children and youth. However, there is a need for more experimental work to confirm the efficacy and safety of HIIT needed to generate health benefits among youth¹². Research strives to develop interventions and strategies to increase students' activities in physical education (PE) classes from moderate to vigorous¹³. They also provided some data about the effect of higher intensity exercises in children and young people, but the collection of more data is still needed, especially in experimental studies in order to increase the level of evidence about the use of high-intensity exercises in PE classes. This would allow the development of scalable interventions using the school systems.

Therefore, the purpose of this study is to assess the effect of an 11-week intervention in a PE class using two different exercise intensities on cardiorespiratory fitness and body composition in children. The hypothesis states that there is an improvement in the cardiorespiratory fitness and enhancement in body composition with high intensity exercises, when compared to the usual moderate intensity exercises.

4.3.2 Materials and Methods

Study Design and Participants

Sixty-six children volunteered (23 boys and 43 girls) to participate. The children were students in a public school, in Valparaíso, Chile, aged 9–10 years (9.48 ± 0.5), with a sexual maturity rating Tanner 1-2. Parent/guardian consent and child assent were obtained prior to participation. Ethical approval was granted for this study by the bioethics committee from Playa Ancha University, Chile (01/2017). The participants selected were not part of any regular exercise-training program. Volunteers were excluded if they presented any form of a chronic pediatric disease, cardiovascular or metabolic disease (except for obesity), or any orthopedic limitation. Participants whose attendance rate was lower than 95 percent (%), who failed to attend first or second measurement, and/or presented negative response to training, were also excluded. The final analysis was carried out with 48 participants (32 girls, 16 boys) because 11 children were part of a regular exercise-training program and 7 presented a form of chronic pediatric disease.

Children were randomly assigned to two forms of exercise: a) high-intensity intermittent games (HIIG) or b) moderate-intensity games (MIG) using simple randomization procedures. In this case, the study was performed with 2 groups and the assignment was decided on the toss of a coin. As a result of the randomization process, the HIIG participants were 25 children (7 boys; 18 girls) and the MIG participants were 23 (9 boys and 14 girls).

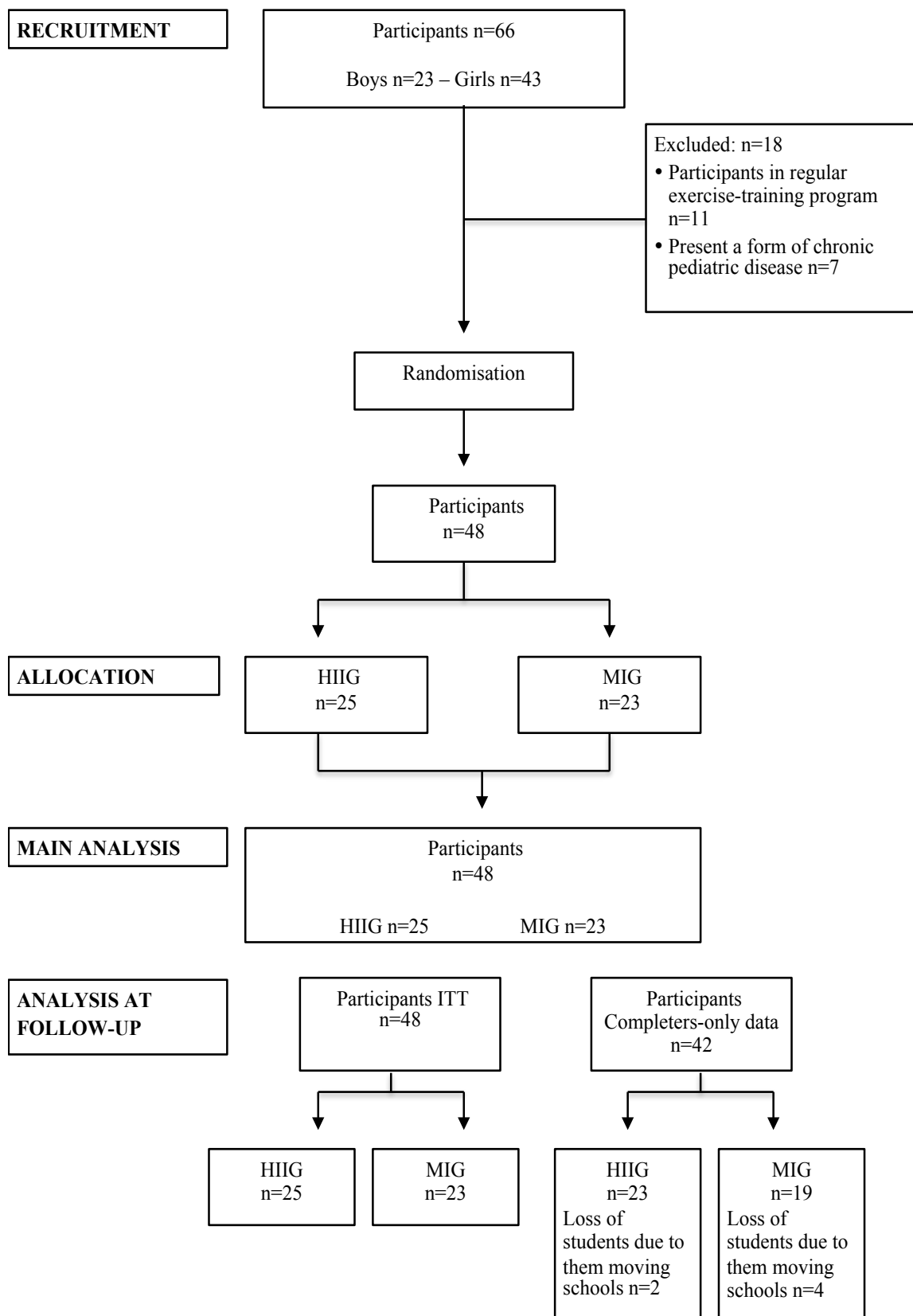


Figure 4 - CONSORT participants flow during the study. HIIG, high-intensity intermittent group; MIG, moderate-intensity group; ITT, intention-to-treat.

A priori sample size calculation, using of analysis of variance as a reference and an anticipated statistical power of 0.95, an error probability of 0.05, and to be able to detect an effect size of 0.5, was 54 participants (G-power program 3.1.3, Germany), so the main analysis, at post-intervention, sample was underpowered by 6 participants (n=48).

Procedures

The testing procedures and measurements were completed pre and post intervention, and in a follow-up after a holiday period (3-months). The children were familiarized with the assessment of cardiorespiratory fitness and body composition, since it was part of the regular procedures of the PE classes. Details about the procedures, assessment, and intervention are published elsewhere ¹⁴.

Measures

Cardiorespiratory fitness test

Twenty meters shuttle run test (20mSRT) was used to estimate cardiorespiratory fitness. The subjects were required to run between two lines drawn on the floor 20 meters apart while keeping the pace with. The initial speed was 8.5 km/h, which was increased by 0.5 km/h per minute (1 min equals one stage). The test was finished when the participant failed to reach the end line concurrent with the audio signals on two consecutive occasions ¹⁵.

Body composition

The percentage of body fat (BF%) was obtained from skinfold thickness measured in two places: triceps and subscapular (Lange Skinfold Caliper) ^{16,17}. The Sum of skinfolds were obtained with triceps, subscapular, and calf ¹⁵. Height and body mass were measured with a wall stadiometer and a balance (SECA 703). Body mass index (BMI kg/m²) and BMI z-score

was calculated with the Software AnthroPlus¹⁸. Waist circumference (WC) was measured in the horizontal plane, midway between the inferior margin of the ribs and the superior border of the iliac crest in deep expiration (measuring tape Lufkin W606P)¹⁹.

All the measures were conducted by the same researchers and at the same time for each subject (08:00 to 12:00 hours).

Intervention

The intervention lasted 11 weeks, with 2 sessions per week (17 sessions). The HIIG intervention session has an active intervention of 29 minutes comprised of four games: two relays games and two games of collaboration and opposition in small spaces. While the MIG program session has an active intervention of 32 minutes with four cooperative games. The intervention is based on exercise programs described in different studies^{5,9,20–26}. The intervention times are adjusted to the standard time of a PE class of 45 minutes. Two PE teachers conducted these sessions.

A 2-week pilot trial with children (n = 32; mixed ethnicity, aged 8–9 years) from a school that was different from this study showed that children could repeatedly perform HIIG and MIG for the time allotted. Heart rate was monitored continuously throughout each exercise session (M400, POLAR, Finland).

Data Analysis

The normality distribution of the data was checked with the Kolmogorov-Smirnov test. Data are expressed as mean \pm SD. Repeated-measure analysis of covariance (ANCOVA) was used to determine the main and interaction effects between groups (HIIG and MIG) over time (pre and post test) using the baseline value as the covariate. The Chi-Square test was used to analyze the difference between the study groups in sex and sexual maturation. Data were

analyzed with Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 23) software. The threshold for significance was set at $P < 0.05$.

An Intention-to-treat (ITT) analysis was used following the base data (pre test) for the subjects who dropped out of the study.

4.3.3 Results

Forty-eight participants completed all the interventions. No adverse events were registered. Children randomized to HIIG and MIG attended in average 94%; 16 sessions of the 17 available sessions.

Table 5 shows characteristics of the participants at baseline; all variables were not statistically significant between the groups at baseline; except WC. Chi-Square analysis shows no difference in the proportion of boys and girls in the study groups (Chi-Square= 0,414, $P > .05$); nor are there differences in relation to the maturation (Chi-Square= 0,882, $P > .05$).

Table 5 Physical characteristic data in mean (\pm SD) for HIIG and MIG groups in baseline

OUTCOMES	HIIG n (25) Mean	SD	MIG n (23) Mean	SD	P
Age (years)	9,48	0,50	9,52	0,51	0,775
Height (cm)	138,16	6,22	138,60	6,11	0,802
Weight (kg)	37,89	6,99	41,21	10,04	0,235
VO ₂ _{max} (ml *kg ⁻¹ *min ⁻¹)	44,85	3,53	44,84	3,74	0,876
BMI (kg*m ⁻²)	19,73	2,49	21,28	4,05	0,151
BMI z-score (BMI/E)	1,20	0,73	1,65	1,03	0,093
WC (cm)	63,62	6,67	68,22	9,73	0,049
BF%	27,67	6,24	31,77	11,47	0,212
Sum of Skinfolds (mm)	50,12	15,86	60,10	25,65	0,170

VO₂_{max}, maximal oxygen uptake; BMI, body mass index; WC, waist circumference; BF%, percentage of body fat

During the 11-week intervention, HIIG presented a significantly higher average heart rate of 153 \pm 11 bpm (~76% HRmax) when compared to the MIG of 129 \pm 12 bpm (~65% HRmax).

The maximum heart rate was also significantly higher HIIG (HR_{peak} of 196±12 bpm [98% HR_{max}]), when compared to MIG (HR_{peak} of 184±12 bpm [92% HR_{max}]).

To present the results, emphasis is placed first in the intervention effect (pre-post) (Table 6). Then, the effects of the follow-up process are shown with ITT and with the analysis of the participants who completed all the measurements (completers-only) (Table 7 and 8).

Table 6 Participant description at baseline and post-intervention assessments for children randomised to the HIIG and MIG conditions

OUTCOMES		HIIG n (25) Mean SD		MIG n (23) Mean SD		Time F P		Time X Group F P	
VO _{2max} (ml *kg ⁻¹ *min ⁻¹)	Baseline	44,85	3,53	44,84	3,74				
	Post	46,30	3,84	44,03	3,22	0,317	0,576	5,275	0,026
BMI (kg*m ⁻²)	Baseline	19,73	2,49	21,28	4,05				
	Post	20,37	2,47	21,66	4,08	2,628	0,112	1,162	0,287
BMI z-score (BMI/E)	Baseline	1,20	0,73	1,65	1,03				
	Post	1,39	0,76	1,68	0,97	3,345	0,074	3,215	0,080
WC (cm)	Baseline	63,62	6,67	68,22	9,73				
	Post	64,38	5,85	66,56	9,31	4,807	0,034	7,106	0,011
BF%	Baseline	27,67	6,24	31,77	11,47				
	Post	25,60	5,47	27,99	8,16	10,259	0,002	0,408	0,526
Sum of Skinfolds (mm)	Baseline	50,12	15,86	60,10	25,65				
	Post	47,54	13,74	51,43	17,16	9,851	0,003	2,177	0,147

HIIG, high-intensity intermittent group; MIG, moderate-intensity group; VO_{2max}, maximal oxygen uptake; BMI, body mass index; WC, waist circumference; BF%, percentage of body fat

Cardiorespiratory fitness

As shown in Table 2, there is no time effect on the VO_{2max} average from pre to post intervention. Nevertheless, a significant time × group interaction was observed for VO_{2max} (F = 5,275, P= .026), where HIIG had increased the VO_{2max} from pre to post intervention, while the MIG VO_{2max} remained similar. In the analysis including the ITT data follow-up, the effect of the interventions was not significant when considering the groups as a whole; however, it was significant between each group (Table 7). The follow-up of the completers only did not show differences (Table 8).

Table 7 Participant description at baseline, post-intervention and follow-up assessments for children randomised to the HIIG and MIG conditions. Intention to treat

OUTCOMES		HIIG n (25)		MIG n (23)		Time		Time X Group	
		Mean	SD	Mean	SD	F	P	F	P
VO ₂ _{max} (ml *kg ⁻¹ *min ⁻¹)	1.Baseline	44,85	3,53	44,84	3,74				
	2. Post	46,30	3,84	44,03	3,22	0,481	0,622	4,021	0,025
	3.Follow up	44,32	3,09	44,31	3,75				
BMI (kg*m ⁻²)	1.Baseline	19,73	2,49	21,28	4,05				
	2. Post	20,37	2,47	21,66	4,08	1,285	0,287	2,266	0,116
	3.Follow up	20,40	2,73	21,24	4,79				
BMI z-score (BMI/E)	1.Baseline	1,20	0,73	1,65	1,03				
	2. Post	1,39	0,76	1,68	0,97	1,715	0,192	4,722	0,014
	3.Follow up	1,31	0,77	1,43	1,14				
WC (cm)	1.Baseline	63,62	6,67	68,22	9,73				
	2. Post	64,38	5,85	66,56	9,31	2,358	0,107	3,739	0,032
	3.Follow up	64,42	6,82	68,41	9,54				
BF%	1.Baseline	27,67	6,24	31,77	11,42				
	2. Post	25,60	5,47	27,99	8,16	5,089	0,010	5,441	0,008
	3.Follow up	36,41	7,71	36,08	10,71				
Sum of Skinfolds (mm)	1.Baseline	50,12	15,88	60,10	25,65				
	2. Post	47,54	13,74	51,43	17,16	4,816	0,013	6,000	0,005
	3.Follow up	73,58	22,60	69,86	24,13				

HIIG, high-intensity intermittent group; MIG, moderate-intensity group; VO₂_{max}, maximal oxygen uptake; BMI, body mass index; WC, waist circumference; BF%, percentage of body fat

Table 8 Participant description at baseline, post-intervention and follow-up assessment for children randomised to the HIIG and MIG conditions. Completers-only data

OUTCOMES		HIIG n (23)		MIG n (19)		Time		Time X Group	
		Mean	SD	Mean	SD	F	P	F	P
VO ₂ _{max} (ml *kg ⁻¹ *min ⁻¹)	1.Baseline	44,98	3,66	44,95	3,68				
	2. Post	46,05	3,90	44,44	3,19	0,572	0,569	1,557	0,224
	3.Follow up	44,40	3,21	44,18	3,83				
BMI (kg*m ⁻²)	1.Baseline	19,74	2,59	20,82	2,58				
	2. Post	20,33	2,58	21,23	2,72	0,650	0,528	2,422	0,102
	3.Follow up	20,48	2,82	20,72	2,95				
BMI z-score (BMI/E)	1.Baseline	1,20	0,762	1,56	0,791				
	2. Post	1,38	0,798	1,64	0,750	1,151	0,327	4,004	0,026
	3.Follow up	1,33	0,805	1,33	1,01				
WC (cm)	1.Baseline	63,66	6,96	67,22	5,79				
	2. Post	64,30	6,05	65,61	5,64	4,031	0,026	2,618	0,086
	3.Follow up	64,54	7,11	67,65	6,67				
BF%	1.Baseline	27,70	6,46	30,43	7,85				
	2. Post	25,59	5,68	26,87	5,39	3,804	0,0031	7,233	0,002
	3.Follow up	37,19	7,49	35,20	8,41				
Sum of Skinfolds (mm)	1.Baseline	50,28	16,48	58,02	20,47				
	2. Post	47,50	14,29	49,50	11,80	3,750	0,003	7,043	0,003
	3.Follow up	75,78	22,17	68,58	20,84				

HIIG, high-intensity intermittent group; MIG, moderate-intensity group; VO₂_{max}, maximal oxygen uptake; BMI, body mass index; WC, waist circumference; BF%, percentage of body fat

In summary, the results of the HIIG intervention led to an increase in the VO_{2max} , when compared with the MIG, but only during the intervention period, this effect was lost at follow-up (Figure 5).

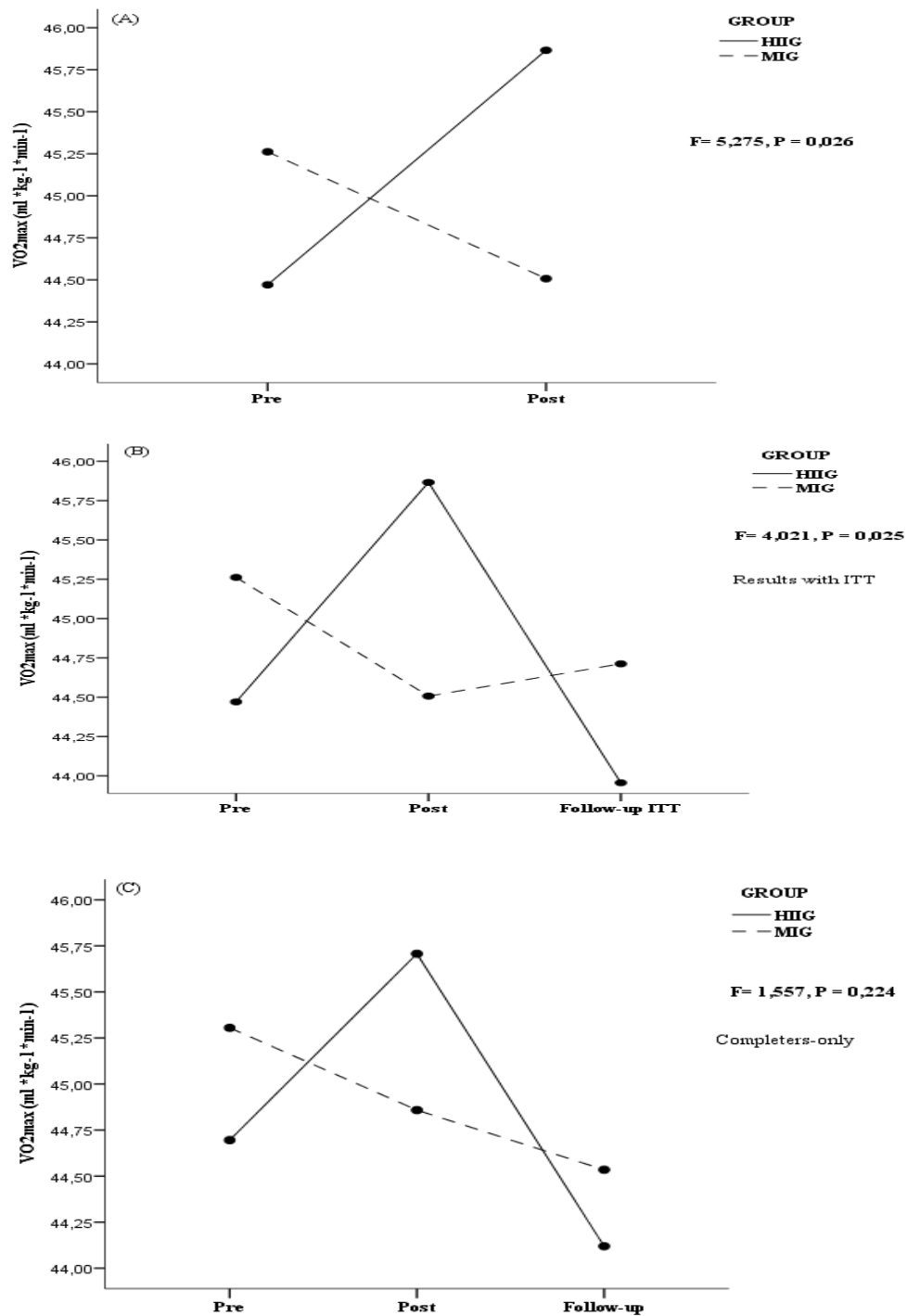


Figure 5 - VO_{2max} pre-post intervention (A), pre-post intervention and follow-up ITT (B), pre-post intervention and follow-up completers-only data (C).

Body composition

When comparing BMI from both groups no significant time effects were observed. Also, the BMI did not change as a result of the intervention ($F= 1,162$, $P= .287$) (Table 6).

When including the follow-up data, both on ITT or completers-only data-sets, no significant results were observed (Table 7 and 8).

In summary, the HIIG and MIG results did not show a significant effect in the interventions on BMI.

Looking exclusively at pre and post intervention comparisons, no significant time effects were found for BMI z-score (Table 6). When looking at the intervention and follow-up results, a significant time x group interaction was observed in the follow-up period, representing a decrease of the BMI z-score of the MIG when compared with the HIIG ($F= 4,722$, $P= .014$) (Table 3). Similar results were observed using the completers-only data-set (Table 8).

In summary, a significantly interaction was observed in the follow-up representing a decrease of the BMI z-score of the MIG when compared with the HIIG.

As shown in Table 6, there is a time effect in the WC average from the beginning until the post intervention in both groups as a whole ($F= 4,807$, $P= .034$). Also, a significant time \times group interaction was observed for WC ($F= 7,106$, $P= .011$), where HIIG had increased the WC while the MIG decreased WC. When looking at the intervention and follow-up with ITT results, there were no differences in both groups independently or as a whole. Nevertheless, significant time x group interaction was observed on WC. MIG increase WC while HIIG had similar results to the post-intervention (Table 7). There was an effect on both groups in the post-intervention follow-up period when comparing the completers-only data, but there was absence of it when compared HIGG to MIG (Table 8). In summary, HIIG had increased the WC, while the MIG decreased WC. Follow-up MIG increases WC while HIIG had similar

results to the post-intervention.

As shown in Table 6, there is a time effect on the BF% average, representing a reduction on BF% from baseline to post-intervention on both groups as a whole ($F= 10,259$, $P= .002$). However, there is no significant time \times group interaction for BF% ($F= 0,408$, $P= .526$). This result is similar to the one obtained in the Sum of skinfolds. When looking at the intervention and follow-up results, a significant time \times group interaction was observed in the follow-up period, representing an increase of the BF% ($F= 5,441$ $P= .008$); and Sum of skinfolds of the HIIG when compared to the MIG from post-intervention to follow-up ($F= 6,000$, $P= .005$) (Table 7). Similar results were observed using the completers-only data-set (Table 8).

In summary, the results of the MIG and HIIG intervention showed a reduction on BF% and Sum of skinfolds; but there was no difference between groups. In the results obtained from the start of the intervention until the follow-up, a significant interaction was observed in the time \times group follow-up period that represented an increase of the BF% and Sum of skinfolds of HIIG when compared to the MIG.

4.3.4 Discussion

The purpose of this study was to evaluate the effects of an 11-week exercise program, with two types of intervention: HIIG and MIG in a PE class. The results of this study may provide additional information to the fitness versus fatness paradigm²⁷, as its outcomes are related to cardiorespiratory fitness and body composition.

In the present study, the HIIG produced a significant improvement in cardiorespiratory fitness in comparison with MIG. This result is similar to Baquet et al²¹ and Lambrick et al²³ who demonstrated that high-intensity exercises have a significant effect on cardiorespiratory fitness in children, thus confirming similar results in previous reports²⁸. Other studies with high-intensity exercises evidenced improvement on cardiorespiratory fitness in boys and girls,

and also in overweight and obese children ^{29–31}. In this study, the improvement obtained in cardiorespiratory fitness is in accordance with the results reported, in reviews made about the effects of HIIT.

Studies with HIIT programs have consistently shown a greater increase in VO_{2max} , but only in extra PE classes or other sessions outside of the educational context. The present study, albeit showing significant improvements in HIIG, these improvements were observed during the 11-week intervention period and were lost in the follow-up period of 3 months. Therefore, it seems that interventions with high-intensity exercises must be maintained for longer periods, as they are beneficial and safe for children ³², to obtain the best results.

The novelty of the present study is that the increase of the cardiorespiratory fitness is the result of an intervention in a PE class. This study is the first one, to the extent of our knowledge, which shows that it is possible to integrate high-intensity exercises in PE classes and increase an important indicator of health in children.

Regarding body composition, no significant differences were observed between HIIG and MIG during the intervention in BMI, BMI z-score, BF%, and Sum of skinfolds. Only WC had higher values after the intervention in HIIG. In the follow-up with ITT, the HIIG had steeper increases in all body composition variable, except for BMI z-score. The completers only analysis showed differences BMI z-score, BF% and Sum of skinfolds.

The present study showed results similar to previous research ^{9,33}, which have reported that there is little evidence to suggest that HIIT compared with moderate-intensity exercise on BMI, BF%, and fat-free mass, their results revealed little evidence to suggest that HIIT can elicit significant changes in body composition ³⁴. Other results agree with the results of the present study, as BMI did not change as a result of the intervention ³⁴. Nevertheless, some studies reported significant improvements in BMI in adolescent following a 3-month intervention ^{35,36}.

Concerning BMI, HIIG results were similar to another study ²¹, evidencing a trend to increase. This may be due to an effect of the participants' maturation processes during the intervention ³⁴. Our study coincides with the work from Barker et al ³⁷, which reported that interventions of moderate and high-intensity exercises do not effect BMI. The effects in follow-up are similar in the ITT and completers only data-sets. These results are similar with those reported elsewhere, ³², that conclude that it is very unlikely that BMI diminishes with only two high-intensity sessions per week during PE lessons plus a third session performed after school or during the school lunch break.

The results of HIIG and MIG are similar to another study ³⁵, where no significant changes on BMI-Z-score between pre and post intervention were observed. In the present study, the values obtained decreased in the follow-up period. However, MIG presented a significant decrease compared with HIIG. This result is in disagreement with a study with a larger follow-up period ¹², where the effects of HIIT after 2 years, were associated with decreases BMI z-score.

The results showed differences between HIIG and MIG in relation to WC pre and post intervention. This partially coincides with the results obtained in another study, which evidenced a decrease in WC with exercises of high and moderate intensity ³⁵, while our study only showed decreases in MIG. On the contrary, the present results did not replicate the results from Tjønnå et al ³⁶ where a significant reduction in WC had been observed with HIIT. In the follow-up with ITT the HIIG and MIG are differences produced as a result of the intervention which coincide with another study published ³⁸.

No significant intervention results were observed for BF %. This results is similar to previous reports ³⁵. However, other studies, demonstrated that moderate-intensity exercise did not show changes in BF% but that the HIIT intervention led to increases in BF% ³³ in a while review, two studies showed a significant reduction in BF% after 12 weeks (three times per

week) following both types of exercise, with no significant difference between groups ³⁹.

These results are similar to the ones of our study, evidencing that HIIG and MIG as a whole significantly reduced skinfolds. This partially matches with the results obtained elsewhere, ⁹ where there was evidence of a significant decrease in the Sum of skinfolds with HIIT. The effects of the intervention were lost in the follow-up in each group, since HIIG and MIG increased their BF% and the Sum of skinfolds. Therefore, the findings of the study suggest that moderate and high-intensity exercises are beneficial at a short-term and may be included in PE classes, supporting findings from others ³⁸.

These body composition results in HIIG were not as expected, it is suggested that two factor may help explain these results: a) the stage of sexual maturation; and b) the sex of the participants. Some participants were in maturation stage 2, and most participants were girls. Stage 2 is the beginning of the pubertal development involving the chemical maturation of body tissues – including the amount and distribution of adipose tissue ⁴⁰. Evidence supports the important role of nutritional status in regulating childhood growth ⁴¹, during childhood our body increases the energy stored in the adipose tissue and the proteins consumption, to support the energetic needs of growth during puberty ⁴². Given that the majority of our sample were girls, and that they mature faster than boys, ⁴³; it is hypothesized that during the follow-up period some of the girls may have entered the adiposity changes described above, in preparation of their growth spurt.

Presenting an alternative explanation, vigorous exercise has been found to significantly reduce the appetite although this is temporary and unlikely to have any significant impact on energy intake in the long term. The increase in appetite or energy intake could also be a reason for the results in body composition HIIG. However, evidence has shown that high-intensity exercise does not increase appetite or energy intake in children, therefore, it induces a negative energy balance when a meal is ingested a few minutes following a bout of exercise

^{44,45}. Another study ⁴⁶, reported that in short-term intervention studies – where a meal is ingested a few minutes following a bout of the exercise of varying duration and intensity, an increase in carbohydrates intake is most often reported. In long-term (several weeks) training interventions, intake is assessed from dietary records and again carbohydrates intake is augmented in exercised subjects as compared to controls ones.

Epidemiological studies (without diet or exercise intervention) often report that commonly active people eat more. Appetite and energy intake is a controversial and little-studied topic regarding high-intensity exercises in children and, therefore, more studies are needed regarding the effect of this type of exercise ⁴⁷.

4.3.5 Study Limitations

Dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) is the gold standard in body composition measurement but, due to field test constraints, it was not possible to use it in the current study. Instead, the present study used skinfold thickness measurements, which have been validated and used in previous studies. Furthermore, games intensity was difficult to measure and monitor during participation because only 10 children used heart rate monitor during each session. Data from the physical activity level and dietary intake were not included in this report, albeit they were collected and are at this moment being processed.

4.3.6 Conclusions

The study presents new data showing that meaningful changes in health outcomes are possible with 17 sessions of moderate and high-intensity activities in a schedule of two PE class per week. Specifically, beneficial effects were observed on cardiorespiratory fitness with HIIG and MIG exercises showed improvements in WC. These findings provide evidence on the benefits of including high and moderate intensity exercises in PE classes, since the

majority of children do not perform enough physical activity. Further research is needed to address the feasibility and efficacy of using low-volume high-intensity interval training in PE classes to improve the overall health in children.

The results of the present study contribute to future lines of research on fitness versus fatness paradigm, hormonal effect in body composition in the pre-pubertal period and the relationship among energy intake, body composition, and high-intensity exercise.

Acknowledgments

The authors thank the participants of the present study for volunteering their time and effort. Trial registration: clinicaltrials.gov Identifier: NCT038500

4.3.7 References

1. Hallal PC, Andersen LB, Bull FC, et al. Physical Activity 1 Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *Lancet*. 2012;380(9838):247-257. doi:10.1016/S0140-6736(12)60646-1.
2. Lee I, Shiroma EJ, Lobelo F, et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet*. 2012;380(9838):219-229. doi:10.1016/S0140-6736(12)61031-9.
3. Zahner L, Puder JJ, Roth R, et al. A school-based physical activity program to improve health and fitness in children aged 6–13 years (“Kinder-Sportstudie KISS”): study design of a randomized controlled trial [ISRCTN15360785]. *BMC Public Health*. 2006;6(1):147. doi:10.1186/1471-2458-6-147.
4. Lang JJ, Tremblay MS, Léger L, Olds T, Tomkinson GR. International variability in 20 m shuttle run performance in children and youth: who are the fittest from a 50-country comparison? A systematic literature review with pooling of aggregate results. *Br J*

- Sports Med.* 2016;0(1):1-12. doi:10.1136/bjsports-2016-096224.
5. Baquet G, Gamelin F-X, Mucci P, Thévenet D, Van Praagh E, Berthoin S. Continuous vs. interval aerobic training in 8- to 11-year-old children. *J Strength Cond Res.* 2010;24(5):1381-1388. doi:10.1519/JSC.0b013e3181d1575a.
 6. Trudeau, F.; Laurencelle L, Tremblay J, Shephard RJ. A long-term follow-up of participants in the Trois-Rivieres semi-longitudinal study of growth and development. *Pediatr Exerc Sci.* 1998;(10):366-377.
 7. Arnaoutis G, Georgoulis M, Psarra G, et al. Association of anthropometric and lifestyle parameters with fitness levels in Greek schoolchildren: Results from the EYZHN program. *Front Nutr.* 2018;5:1-10. doi:10.3389/fnut.2018.00010.
 8. Ogden CL, Carroll MD, Curtin LR, Lamb MM, Flegal KM. Prevalence of high body mass index in US children and adolescents , 2007-2008. *Jama.* 2010;303(3):242-249.
 9. Lau PWC, Wong DP, Ngo JK, Liang Y, Kim CG, Kim HS. Effects of high-intensity intermittent running exercise in overweight children. *Eur J Sport Sci.* 2014;1391:1-9. doi:10.1080/17461391.2014.933880.
 10. Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and fat loss. *J Obes.* 2011;2011:1-10. doi:10.1155/2011/868305.
 11. Howe CA, Freedson PS, Feldman HA, Osganian SK. Energy expenditure and enjoyment of common children's games in a simulated free-play environment. *J Pediatr.* 2010;157(6):936-942.e2. doi:10.1016/j.jpeds.2010.06.041.
 12. Carson V, Rinaldi RL, Torrance B, et al. Vigorous physical activity and longitudinal associations with cardiometabolic risk factors in youth. *Int J Obes.* 2014;38:16-21. doi:10.1038/ijo.2013.135.
 13. Sallis JF, McKenzie TL, Beets MW, Beighle A, Erwin H, Lee S. Physical education's role in public health: Steps forward and backward over 20 years and HOPE for the

- future. *Res Q Exerc Sport*. 2012;83(2):125-135. doi:10.5641/027013612800745329.
14. Reyes-Amigo, T.; Soto-Sanchez, J. & Palmeira A. Efecto de juegos intermitentes de alta intensidad sobre la aptitud cardiorrespiratoria y la composición corporal en escolares: Protocolo de un estudio aleatorio controlado. *Gymnasium*. 2018;3(1):1-10.
 15. Castro-Piñero J, Artero EG, España-Romero V, et al. Criterion-related validity of field-based muscular fitness tests in youth. *J Sports Med Phys Fitness*. 2012;52(3):263-272. doi:10.1136/bjsm.2009.058321.
 16. Vasquez F, Diaz E, Lera L, Vasquez L, Anziani A, Burrows R. Agreement of anthropometric equations with the 4-component model in the prediction of body fat in obese schoolchildren. *Nutr Diet*. 2012;69(2):145-151. doi:10.1111/j.1747-0080.2012.01589.x.
 17. Slaughter AMH, Lohman TG, Boileau RA, et al. Skinfold Equations for Estimation of Body Fatness in Children and Youth. *Hum Biol*. 1988;60(5):709-723.
 18. Must A, Anderson SE. Body mass index in children and adolescents: considerations for population-based applications. *Int J Obes*. 2006;30(4):590-594. doi:10.1038/sj.ijo.0803300.
 19. Marshall SJ, Biddle SJH, Gorely T, Cameron N, Murdey I. Relationships between media use, body fatness and physical activity in children and youth: a meta-analysis. *Int J Obes*. 2004;28(10):1238-1246. doi:10.1038/sj.ijo.0802706.
 20. Baquet G, Berthoin S, Dupont G, Blondel N, Fabre C, van Praagh E. Effects of high intensity intermittent training on peak VO2 in prepubertal children. *Int J Sports Med*. 2002;23(6):439-444. doi:10.1055/s-2002-33742.
 21. Baquet G, Berthoin S, Gerbeaux M, Praagh E Van. High-intensity aerobic training during a 10 week one hour physical education cycle: effects on physical fitness of adolescents aged 11 to 16. *Int J Sports Med*. 2001;22:295-300. doi:10.1055/s-2001-

- 14343.
22. Bendiksen M, Williams CA, Hornstrup T, et al. Heart rate response and fitness effects of various types of physical education for 8- to 9-year-old schoolchildren. *Eur J Sport Sci.* 2014;14(8):861-869. doi:10.1080/17461391.2014.884168.
 23. Lambrick D, Westrupp N, Kaufmann S, Stoner L, Faulkner J. The effectiveness of a high-intensity games intervention on improving indices of health in young children. *J Sports Sci.* 2016;34(3):190-198. doi:10.1080/02640414.2015.1048521.
 24. McManus AM, Cheng CH, Leung MP, Yung TC, Macfarlane DJ. Improving aerobic power in primary school boys: A comparison of continuous and interval training. *Int J Sports Med.* 2005;26(9):781-786. doi:10.1055/s-2005-837438.
 25. Nourry C, Deruelle F, Guinhouya C, et al. High-intensity intermittent running training improves pulmonary function and alters exercise breathing pattern in children. *Eur J Appl Physiol.* 2005;94(4):415-423. doi:10.1007/s00421-005-1341-4.
 26. Seabra A, Katzmarzyk P, Carvalho MJ, et al. Effects of 6-month soccer and traditional physical activity programmes on body composition, cardiometabolic risk factors, inflammatory, oxidative stress markers and cardiorespiratory fitness in obese boys. *J Sports Sci.* 2016;34(19):1822-1829. doi:10.1080/02640414.2016.1140219.
 27. Gaesser GA, Tucker WJ, Jarrett CL. Fitness versus fatness: Which influences health and mortality risk the most ? *Curr Sport Med Rep.* 2015;14(4):327-332. doi:10.1249/JSR.0000000000000170.
 28. Borel B, Leclair E, Thevenet D, Beghin L, Berthoin S, Fabre C. Correspondences between continuous and intermittent exercises intensities in healthy prepubescent children. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(5):977-985. doi:10.1007/s00421-009-1296-y.
 29. Corte de Araujo AC, Roschel H, Picanço AR, et al. Similar health benefits of endurance and high-intensity interval training in obese children. *PLoS One.*

- 2012;7(8):1-8. doi:10.1371/journal.pone.0042747.
30. Garcia-Hermoso A, Cerrillo-Urbina AJ, Herrera-Valenzuela T, Cristi-Montero C, Saavedra JM, Martínez-Vizcaíno V. Is high-intensity interval training more effective on improving cardiometabolic risk and aerobic capacity than other forms of exercise in overweight and obese youth? A meta-analysis. *Obes Rev.* 2016;17(6):531-540. doi:10.1111/obr.12395.
 31. Costigan SA, Eather N, Plotnikoff RC, Taaffe DR, Lubans DR. High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2015;49(19):1253-1261. doi:10.1136/bjsports-2014-094490.
 32. Weston, K.; Azevedo, L.; Bock, S.; Weston, M.; George, P. & Batterham A. Effect of novel, school-based high-intensity interval training (HIT) on cardiometabolic health in adolescents: Project FFAB (Fun Fast Activity Blasts)-an exploratory controlled, before-and-after trial. *PLoS One.* 2016;11:1-18. doi:10.1371/journal.pone.0159116.
 33. Buchan DS, Ollis S, Thomas NE, et al. Physical activity interventions: effects of duration and intensity. *Scand J Med Sci Sport.* 2011;21(6):341-351. doi:10.1111/j.1600-0838.2011.01303.x.
 34. Eddolls, William, McNarry, Malita, Stratton, Gareth, Winn, Charles, Mackintosh K. High-intensity interval training interventions in children and adolescents: A systematic review. *Sport Med.* 2017;47:2363-2374. doi:10.1007/s40279-017-0753-8.
 35. Racil G, Coquart JB, Elmontassar W, et al. Greater effects of high-compared with moderate-intensity interval training on cardio-metabolic variables, blood leptin concentration and ratings of perceived exertion in obese adolescent females. *Biol Sport.* 2016;33(2):145-152. doi:10.5604/20831862.119863.
 36. Tjønnå AE, Stølen TO, Bye A, et al. Aerobic interval training reduces cardiovascular

- risk factors more than a multitreatment approach in overweight adolescents. *Clin Sci*. 2009;116(4):317-326. doi:10.1042/CS20080249.
37. Barker AR, Day J, Smith A, Bond B, Williams CA. The influence of 2 weeks of low-volume high-intensity interval training on health outcomes in adolescent boys. *J Sports Sci*. 2014;32(8):757-765. doi:10.1080/02640414.2013.853132.
38. Racil G, Ounis O Ben, Hammouda O, et al. Effects of high vs. moderate exercise intensity during interval training on lipids and adiponectin levels in obese young females. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(10):2531-2540. doi:10.1007/s00421-013-2689-5.
39. Ramos JS, Dalleck LC, Tjonna AE, Beetham KS, Coombes JS. The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: A systematic review and meta-analysis. *Sport Med*. 2015;45(5):679-692. doi:10.1007/s40279-015-0321-z.
40. Siervogel RM, Demerath EW, Schubert C, et al. Puberty and body composition. *Horm Res*. 2003;60(suppl 1):36-45. doi:10.1159/000071224.
41. Gat-Yablonski G, Yackobovitch-Gavan, Michal, Moshe P. Nutrition and bone growth in pediatrics. *Pediatr Clin N Am*. 2011;58:1117-1140. doi:10.1016/j.pcl.2011.07.008.
42. Wiskin AE, Davies JH, Wootton SA, Beattie RM. Energy expenditure , nutrition and growth. *Arch Dis Child*. 2011;(96):567-573. doi:10.1136/adc.2009.158303.
43. Loomba-Albrecht LA, Styne DM. Effect of puberty on body composition. *Endocrinol Diabetes Obes*. 2009;16:10-15. doi:10.1097/MED.0b013e328320d54c.
44. Crisp NA, Fournier PA, Licari MK, Braham R, Guelfi KJ. Optimising sprint interval exercise to maximise energy expenditure and enjoyment in overweight boys. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2014;37:1222-1231. doi:10.1139/h2012-111.
45. Morris A, Cramb R, Dodd-reynolds CJ, et al. Food intake and appetite following

- school-based high-intensity interval training in 9–11-year-old children. *J Sports Sci.* 2017;1-7. doi:10.1080/02640414.2017.1302599.
46. Bellisle F. Food choice, appetite and physical activity. *Public Health Nutr.* 1999;2(3a):357-361.
47. Martins C, Morgan L, Truby H. A review of the effects of exercise on appetite regulation: an obesity perspective. *Int J Obes.* 2008;32:1337-1347. doi:10.1038/ijo.2008.98.

4.4 Estudio IV– Moderators of the effect of high-intensity and moderate-intensity games in school children on cardiorespiratory fitness and body composition

Reyes-Amigo, T., & Palmeira, A. (2018). Moderators of the effect of high-intensity and moderate-intensity games in school children on cardiorespiratory fitness and body composition. *Journal of Teaching in Physical Education* (under review).

Nota: Este estudio fue sometido a la revista *Journal of Teaching in Physical Education*. Lo presentado es el manuscrito que fue sometido a la revista indicada.

4.4.1 Abstract

Background: Physical education is an important resource to promote health in school children, strengthening the development of fitness. This study examined the moderators of sex, maturity sexual stage, and age in the intervention of high intensity and moderate intensity exercises on Δ cardiorespiratory fitness and Δ body composition

Methods: Forty-eight children (aged $9,48 \pm 0.5$ years) were selected randomly to perform high-intensity intermittent games (HIIG) and moderate intensity games (MIG). The present study pays special attention to the moderators of sex, sexual maturity stage and age.

Results: sex, sexual maturity stage, and age did not moderate the result on Δ cardiorespiratory fitness. Furthermore, no moderation was observed in the interaction between groups of

cardiorespiratory fitness intervention. A significant moderation of the interaction between groups of intervention was observed on Δ WC. Hence, they differ in their effectiveness according to sexual maturity stage in connection to Δ WC. In sexual maturity stage and age, a quasi-significant value of moderation of the interaction between groups of intervention respect Δ BMI z-score was also observed.

Conclusion: HIIG can be incorporated into PE classes regardless of sex, sexual maturity stage, and age Δ cardiorespiratory fitness. MIG group may have a better effect on body composition on students with sexual maturity stage Tanner 2 and 9 year-old children.

Keywords: Moderators, HIIT, children, cardiorespiratory fitness, body composition, physical education.

4.4.2 Introduction

School physical education (PE) is recognized as the most widely available resource for promoting physical activity among children and adolescent. Thus the physical education teacher needs more tools to improve the quality of the classes. The educative community must are interested in how PE is conducted, particularly it relates to offering and promoting health-related physical activity.^{1,2} Engaging in physical activity has great health benefits; these are well established and include, among others, a lower risk of cardiovascular disease, hypertension, diabetes, and breast and colon cancer.³ Additionally, physical activity has positive effects on mental health, delays on the onset of dementia, and can help to maintain a healthy weight.⁴ Despite this, a large percentage of the world's population remains physically inactive. To quantify the effect of physical inactivity on the world's major non-communicable diseases, we estimated how many of these diseases could be avoided in the population if inactive people were to become more active.⁵

Children's health and well-being is highly correlated with their physical fitness.

Recently published studies ⁶ indicate that low levels of physical fitness (e.g., cardiorespiratory fitness) are associated with an elevated risk of developing adverse physiological events (e.g., unbalanced body mass index, waist circumference, blood pressure, plasma glucose, lipoprotein cholesterol, insulin resistance) in school-aged students.⁷

Cardiorespiratory fitness is very important because not only determines performance in a wide range of activities, but it is also a health-related parameter.⁸ Some authors⁹ have shown that children with a higher level of physical activity, or who have been somehow physically trained during childhood, showed a higher level of physical activity and cardiorespiratory fitness in adulthood.

Anthropometric characteristics such as excess body weight and increased abdominal fat accumulation, as well as some lifestyle parameters including the lack of physical activity and the development of poor dietary habits, are strongly and accurately associated with poor physical fitness in childhood and adolescence.¹⁰

The high prevalence of childhood obesity, a multidimensional issue, has remained relatively constant over the past ten years all over the world, with no evidence of decreasing.¹¹ It is very important to lower the index of prevalence of childhood obesity since child health is severely affected. One approach that has the potential to address the high prevalence of children with increased body fat is to enhance the time and intensity of the physical activity in children.¹²

Recently, interest in higher-intensity intermittent training (HIIT) research has increased among researchers. They have provided evidence that HIIT is associated with a significant impact on cardiorespiratory fitness and body composition, inducing greater health benefits than less intense forms of exercise.¹³ Unlike adults, children's habitual physical activity patterns are highly intermittent in nature, characterized by rapid changes from rest to vigorous physical activity.¹⁴ HIIT activities are of particular importance and they reinforce the concept

that physical activity guidelines may be needed to emphasize vigorous intensity exercises to maximize health benefits among children and youth. However, there is a need for more experimental work to confirm the efficacy and safety of HIIT needed to generate health benefits among youth.¹⁵ Research strives to develop interventions and strategies to increase students' activities in PE classes from moderate to vigorous.¹⁶ They also provided some data about the effect of higher intensity exercises in children and young people, but the collection of more data is still needed, especially in experimental studies in order to increase the amount of evidence about the use of high-intensity exercises in PE classes. This would allow the development of scalable interventions to be implemented in the school system.

There are several behavioral studies on physical activity, showing great diversity in research design, measurement approach, population studied, theories used, variables tested, and physical activity outcomes. This diversity makes it difficult to integrate the findings and summarize the status of the field, thus limiting the ability of subsequent research to build on previous findings.¹⁷ The effect moderators of interventions with physical exercise differ on their results. The studies that research the moderator on physical fitness are scarce and single RCTs generally lack the power to investigate the effect of such moderators.¹⁸

A study¹⁷ pointed out that a moderator produces different estimates of the association at different levels of a variable.

In the case of physical exercise the moderators are diverse; however, sex and age are common elements in the analysis. These moderators plus the sexual maturity stage can influence physical performance.¹⁹

This study data is part of an investigation that had the aim to assess the effect of an 11-week intervention in a PE class using two different exercise intensities on cardiorespiratory fitness and body composition in children.

This study was designed to identify the applicability of the intervention in the PE class and

its effects regarding sex, sexual maturity stage and age, as moderators on cardiorespiratory fitness and body composition.

The first hypothesis is that male students would present a more significant improvement than girls in fitness cardiorespiratory and body composition. There are studies in which children have better results than girls in variables of physical fitness related to health.^{15,20,21}

The second hypothesis is that the student's sexual maturity stage Tanner 2 would present greater improvements in the cardiorespiratory fitness and body composition. No studies were found that would differentiate the effects of an intervention between sexual maturity stages in prepubertal stage. However, the influence of the hormonal changes on body composition may modify the results of the physical fitness.^{6,22,23}

The third hypothesis is that student's age, 10 years old, would present greater improvements on fitness cardiorespiratory and body composition. Within a given chronological age group, some children may have an advantage or disadvantage in physical fitness tests due to their maturity status, independent from other factors.^{22,24}

4.4.3 Methods

Study Design

This is an experimental study carried out in a randomized, controlled, and time-serial design for the purpose of evaluating the effects of the exercise training in children.

Setting and Sample

Sixty-six children (23 boys and 43 girls) volunteered to participate. The participants were students from a public school in Valparaíso, Chile, aged 9–10 years, with a sexual maturity stage Tanner 1-2. Parent/guardian consent and child assent were obtained prior to the start of the intervention. Ethical approval was granted for this study by the bioethics committee from

Playa Ancha University, Chile (01/2017). The participants selected were not part of any regular exercise-training program. Volunteers were excluded if they presented any type of chronic pediatric disease, cardiovascular or metabolic disease (except for obesity), or any orthopedic limitation. Participants whose attendance rate was lower than 95 percent (%), who failed to attend first or second measurement, and/or presented negative response to training, were also excluded. The final analysis was carried out with 48 participants (32 girls, 16 boys) because 11 children were part of a regular exercise-training program and 7 presented a form of chronic pediatric disease.

Children were randomly assigned to two forms of exercise: a) high-intensity intermittent games (HIIG) or b) moderate-intensity games (MIG) using simple randomization procedures. In this case, the study was performed with 2 groups and the assignment was decided with the toss of a coin. As a result of the randomization process, the HIIG participants were 25 children (7 boys and 18 girls) and the MIG participants were 23 (9 boys and 14 girls).

Measurements

Cardiorespiratory fitness test. Twenty meters shuttle run test (20mSRT) was used to estimate cardiorespiratory fitness. The subjects were required to run between two lines drawn on the floor 20 meters apart while keeping the pace with an audio signal. The initial speed was 8.5 km/h, which was increased by 0.5 km/h per minute (1 min equals one stage). The test was finished when the participant failed to reach the end line concurrent with the audio signals on two consecutive occasions.^{25,26}

Body composition. The percentage of body fat (BF%) was obtained from skinfold thickness measured in two places: triceps and subscapular (Lange Skinfold Caliper).^{27,28} The skinfolds sum was obtained with triceps, subscapular, and calf.²⁵ Height and body mass were measured

with a wall stadiometer and a balance (SECA 703). Body mass index (BMI kg/m^2) and BMI z-score was calculated with the Software AnthroPlus.²⁹ Waist circumference (WC) was measured in the horizontal plane, midway between the inferior margin of the ribs and the superior border of the iliac crest in deep expiration (measuring tape Lufkin W606P).³⁰

Procedures

The testing procedures and measurements were completed pre and post intervention. The children were familiarized with the assessment of cardiorespiratory fitness and body composition, since it was part of the regular procedures of the regular PE classes. Details about the procedures, assessment, and intervention are published in a different article.³¹

Intervention

The intervention lasted 11 weeks, with 2 sessions per week (17 sessions). The HIIG intervention session has an active intervention of 29 minutes. While the MIG program session has an active intervention of 32 minutes. The intervention is based on exercise programs described in different studies.^{8,12,32–38} The intervention times are adjusted to the standard time of a PE class of 45 minutes.

A 2-week pilot trial with children ($n = 32$; mixed ethnicity, aged 8–9 years) attending a school different from the one used for this study showed that children could repeatedly perform HIIG and MIG for the time allotted. Heart rate was monitored continuously throughout each exercise session (M400, POLAR, Finland).

Data Analysis

Multiple regression was used to analyze the simple moderation. Macro Process was used for the analysis in the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) program

version 22. The multiple regression model 1 analysis allowed to quantify the regression coefficients B_1 , B_2 , and B_3 . These established relationships between the independent variables, intervention programs, dependent variables, Delta (Δ) value obtained from the difference between baseline values, and post intervention values (i.e., post-baseline): cardiorespiratory fitness, BF%, the skinfolds sum, BMI z-score, and WC; and the moderator variables: sex, tanner stages, and age. The most significant result of the study was the interaction between the independent and moderator variables (B_3).^{39,40} The threshold for significance was set at $P < 0.05$.

4.4.4 Results

Forty-eight participants completed all the interventions. No adverse events were registered. Children randomized to HIIG and MIG had an average attendance of 94%; 16 of the 17 available sessions. The table 9 shows the characteristics of the participants at baseline. All variables were not statistically significant between the groups at baseline, except WC. Chi-Square analysis showed no difference in the proportion of boys and girls in the study groups (Chi-Square= 0,414, $P > .05$), nor were there differences in relation to the maturation (Chi-Square= 0,882, $P > .05$).

Table 9 Physical characteristics data in mean (\pm SD) for HIIG and MIG groups in baseline

OUTCOMES	HIIG		MIG		P
	n (25)		n (23)		
	Mean	SD	Mean	SD	
Age (years)	9,48	0,50	9,52	0,51	0,775
Height (cm)	138,16	6,22	138,60	6,11	0,802
Weight (kg)	37,89	6,99	41,21	10,04	0,235
Cardiorespiratory fitness VO_{2max} (ml *kg ⁻¹ *min ⁻¹)	44,85	3,53	44,84	3,74	0,876
BMI z-score (BMI/E)	1,20	0,73	1,65	1,03	0,093
WC (cm)	63,62	6,67	68,22	9,73	0,049
BF%	27,67	6,24	31,77	11,47	0,212
Skinfolds Sum (mm)	50,12	15,86	60,10	25,65	0,170

Cardiorespiratory fitness VO_{2max} , maximal oxygen uptake; BMI, body mass index; WC, waist circumference; BF%, percentage of body fat

During the 11-week intervention, HIIG presented a significantly higher average heart rate of 153 ± 11 bpm ($\sim 76\%$ HRmax) when compared to the MIG of 129 ± 12 bpm ($\sim 65\%$ HRmax). The maximum heart rate was also significantly higher HIIG (HRpeak of 196 ± 12 bpm [98% HRmax]), when compared to MIG (HRpeak of 184 ± 12 bpm [92% HRmax]).

Effects

Detailed information about the results of the intervention is available elsewhere (Reyes, submitted).

In the analysis of the coefficient B_1 in the moderators of sex, stage of sexual maturation, and age, HIIG intervention showed a significant increased effect on the Δ cardiorespiratory fitness sex and age. This indicated a greater effect in participants of HIIG intervention compared to MIG (Table 10). Regarding body composition, the HIIG intervention had significant effects on Δ WC sex and age, and Δ skinfolds sum sex and age. The remaining variables failed to show significant effects in the intervention.

Moderators of cardiorespiratory fitness

As shown in Table 10, sex, sexual maturity stage and age did not moderate the result on Δ cardiorespiratory fitness. Furthermore, no moderation was observed in the interaction between groups of intervention. Hence, its efficacy does not differ in connection to sex, sexual maturity stage and age.

Table 10 Regression coefficients of the moderators on Δ Cardiorespiratory Fitness, Δ value of BF%, WC, BMI z-score, Skinfolds Sum in the effects of HIIG vs. MIG

OUTCOMES VARIABLE	MODERATOR VARIABLE	Coefficient B ₁ Intervention	P	Coefficient B ₂ Moderator	P	Coefficient B ₃ Interaction Intervention x Moderator	P
Δ Cardiorespiratory Fitness VO _{2max} (ml *kg ⁻¹ *min ⁻¹)	Sex	-2,283	0,025	0,207	0,834	0,302	0,878
	Sexual maturity-Tanner Stage	-1,776	0,115	-1,388	0,216	-1,732	0,438
	Age years	-2,208	0,022	0,164	0,860	0,830	0,658
Δ BF%	Sex	-1,568	0,238	-,899	0,496	-1,490	0,572
	Sexual Maturity-Tanner Stage	-1,856	0,226	1,140	0,455	0,559	0,854
	Age years	-1, 878	0,138	-,682	0,586	-2,073	0,409
Δ WC (cm)	Sex	-2,608	0,001	-1,558	0,045	0,113	0,940
	Sexual Maturity-Tanner Stage	-1,374	0,121	0,447	0,609	-3,549	0,047
	Age years	-2,460	0,001	-,428	0,569	1,176	0,434
Δ BMI z-score	Sex	-,146	0,063	-,050	0,511	-,080	0,601
	Sexual Maturity-Tanner Stage	-,057	0,504	-,006	0,943	-,331	0,059
	Age years	-,131	0,065	0,094	0,181	0,274	0,054
Δ Skinfolds Sum (mm)	Sex	-6,267	0,044	-4,017	0,191	-1,662	0,785
	Sexual Maturity-Tanner Stage	-5,805	0,107	2,994	0,401	-,811	0,909
	Age Years	-6,607	0,027	-2,286	0,434	-5,260	0,369

Δ Cardiorespiratory fitness VO_{2max}, maximal oxygen uptake; Δ BF%; delta percentage of body fat, Δ WC; delta waist circumference, Δ BMI z-score; delta body mass index-z, B₁; regression coefficients moderator, B₂; regression coefficients intervention, B₃; regression coefficients interaction moderator-intervention

Moderators of Body composition

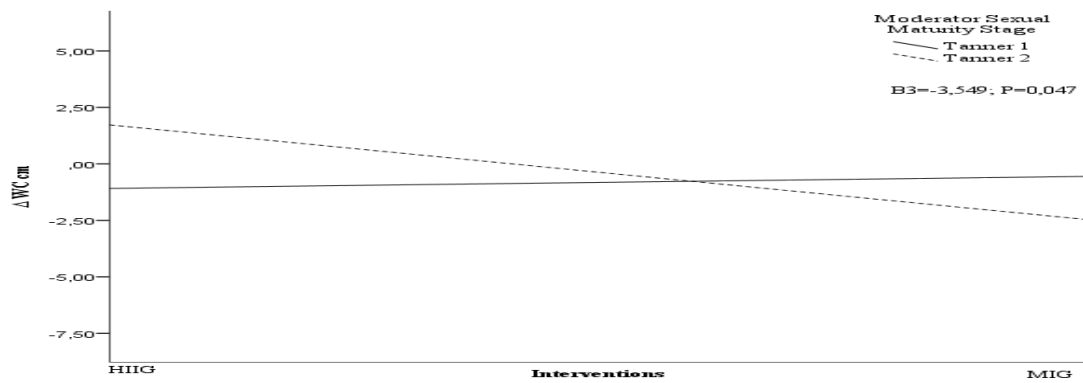
Sex, sexual maturity stage, and age did not moderate the effect of the HIIG intervention on Δ BF%. Also, there was no moderation in the interaction between groups of intervention, thus they do not differ in their efficacy according to sex, sexual maturity stage and age on Δ BF% (Table 10).

As shown in Table 10, sex moderated the effect on Δ WC. Sex does not moderate the interaction between groups of intervention; they do not differ in their effectiveness according to sex.

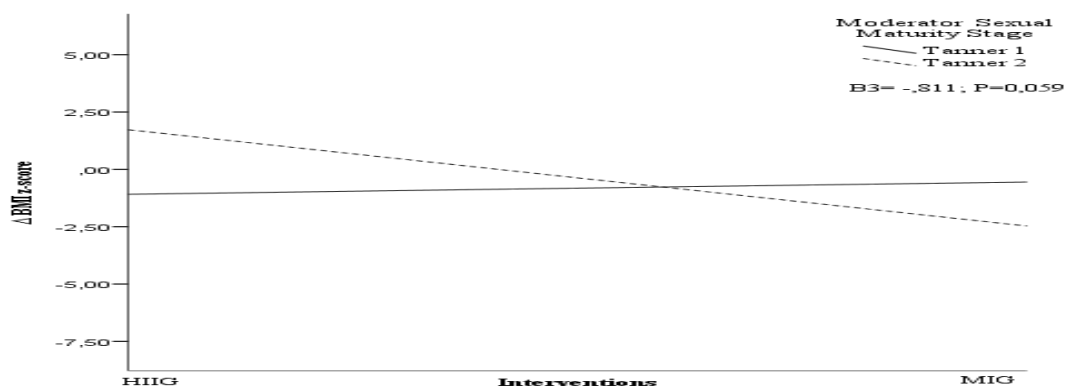
Sexual maturity stage and age does not alter the result on Δ WC. Different results were observed in moderation of the interaction between groups of intervention. As the Figure 6 shows MIG has a lower Δ WC compared to HIIG in the participants with a sexual maturity

stage in Tanner 2. The participants in sexual maturity stage Tanner 1 did not show differences between the groups.

(A)



(B)



(C)

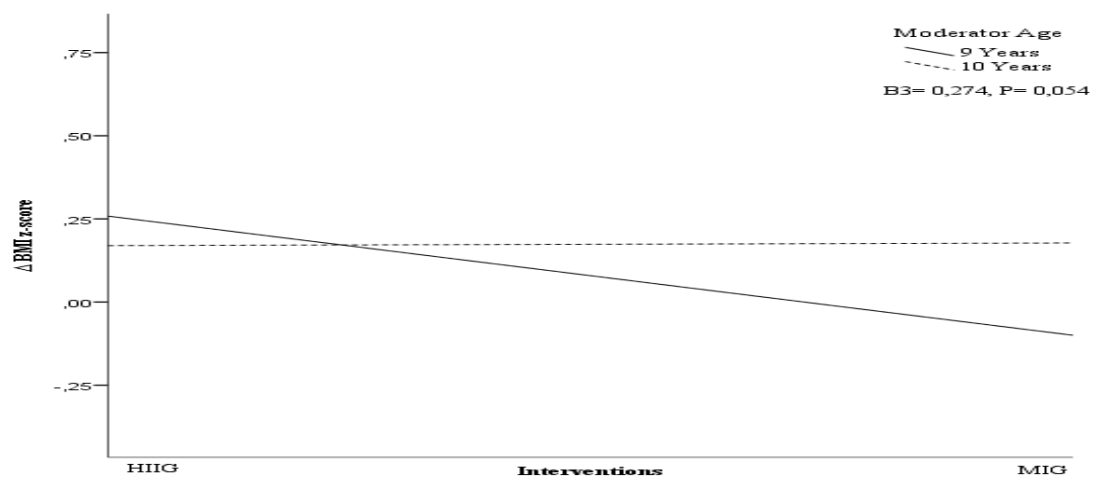


Figure 6 - Results Moderation-interaction. (A) ΔWC -Sexual Maturity Stage; (B) ΔBMI z-score-Sexual Maturity Stage; (C) ΔBMI z-score-age.

A significant moderation effect on sex was not established in the Δ BMI z-score in the participants of the HIIG intervention. Also, there was no moderation of the sex in the interaction between groups of intervention. Thus, they do not differ in their effectiveness according to sex on Δ BMI z-score (Table 10).

When observing the sexual maturity stage moderation on Δ BMI z-score (Table 10), we noticed that it did not alter the result of Δ BMI z-score. A quasi-significant value of moderation of the interaction between groups of intervention was observed. Looking at Figure 6, it seems that students in sexual maturity stage Tanner 2 responded better to MIG than to HIIG, while on Tanner 1 the response was similar to both interventions.

Age does not moderate the result on the Δ BMI z-score. A quasi-significant value of moderation of the interaction between groups of intervention was detected. Hence, it might have an effect in accordance with the age. Looking at Figure 6, it seems that students of 9 years responded better to MIG than to HIIG, while on 10 years the response was similar to both interventions.

As shown in Table 10, sex, sexual maturity and age does not moderate the result on the Δ skinfolds sum. Also, sex, sexual maturity stage and age do not moderate the interaction between groups of intervention; thus, they do not differ in their effectiveness in accordance with sex.

4.4.5 Discussion

The aim of this study was to assess the effect of putative moderators: sex, sexual maturity stage, and age in two types of intervention on cardiorespiratory fitness and body composition in school age children.

Cardiorespiratory fitness

Cardiorespiratory fitness is influenced by several factors including sex, age, body composition, health condition, and genetics.⁴¹ Nevertheless, its principal modifiable determinant is physical fitness through interventions.⁴² However, in the present study some of these factors did not modify the effect of the intervention. In this study, sex did not moderate the result on cardiorespiratory fitness since there was no difference in the effect of the intervention with respect to age. A study with children compared 3-group, experimental design was applied where short high-intensity intermittent-running training was compared with moderate-intensity continuous-running training and a non-exercising control condition; the findings of this investigation showed that short high-intensity intermittent-running training for boys and girls were mixed, and the results showed no gender effect after training indicating that both boys and girls increased their cardiorespiratory fitness.⁸ The high-intensity intervention and the characteristics of the sample of that investigation (age and students) were similar to our study, and the results correlate with the findings of the present study, since sex did not moderate the results. On the opposite, we did not have the same results as²³ since their study showed that boys performed for a longer period of time, completed a bigger cardiorespiratory fitness workload, and achieved higher maximal work heart rate than girls. The observed differences on cardiorespiratory fitness between boys and girls were largely attributable to a difference in body composition and their relationship with cardiorespiratory fitness.

The findings of the current study did not indicate moderation of the sexual maturity stage, and the interaction of the interventions did not differ in their effectiveness according to sexual maturity stage. However, it is important to consider the effects of maturity when assessing the physical fitness of children and adolescents.⁴³ The findings of²² suggest that the process of sexual maturation per se plays an important role in the aerobic fitness, specially in boys and

girls.

Age did not moderate the effect of the intervention on cardiorespiratory fitness, and there was not moderation in the interaction. These results do not match with the results of other studies because evidence showed that modification on cardiorespiratory fitness increases with age.⁴⁴ However, differences on cardiorespiratory fitness are more important during adolescence.⁴⁵

Studies with HIIT programs have consistently shown a greater increase on cardiorespiratory fitness, but only in extra PE classes or other sessions outside of the educational context.⁴⁶ The present study showed that the high-intensity intervention performed in the PE classes was effective in participants regardless of sex, sexual maturity stage, and age. The novelty of our study is that the cardiorespiratory fitness increase is the result of an intervention in a PE class. This study is the first one, to the extent of our knowledge, which has shown that it is possible to integrate high-intensity exercises in PE classes and increase an important indicator of good health in children.

Body composition

Regarding body composition, sex, sexual maturity stage, and age; they did not moderate the effect of the HIIG intervention on Δ BF% and skinfolds sum. Also, there was not moderation in the interaction between groups of intervention. Thus, they do not differ in their effectiveness according to sex on Δ BF%, and skinfolds sum. Unlike our results, another study⁴⁷ with schoolchildren – boys and girls ranging from 10 to 17 years old – showed differences in the fat mass and in the lean mass with respect to sex. In our study, the intervention was performed in prepuberal children, thus the result correlated with the findings of a study^{22,48} where the indicators of new body fat curves reflected the well-known differences in the development of adiposity between boys and girls. However, the curves are

similar in both sexes until puberty, but then they diverge significantly: males proportionately decrease body fat and females continue to gain. Contrary to our results about the sexual maturity stage moderation on Δ BF% and skinfolds sum, a recent study⁴⁹ about HIIT effect in obese children found differences in the Tanner stage of puberty between boys and girls on Δ BF%, BMI z-score. Our sample had a Tanner stage 1 and 2 so the non-moderation of the biological age coincides with another research⁵⁰ since the main differences in that research, performed with children and adolescents, were the anthropometrical variables occurred around 12 years old or in the sexual maturity stage Tanner stage 3. The prepuberal group, 10 to 11 year-old-children, had significantly lower values in connection to body composition. A research⁵¹ showed that the differences in body composition prior to puberty are minor compared with postpuberal differences. Possibly, these results are due to the fact that in the prepuberal stage or in chronological ages minor to 12 years, there are no significant differences in body composition.^{51,52}

The sexual maturity stage of the participants moderated quasi-significantly the interaction between variables about Δ BMI z-score. Better results were seen with MIG. Our results are different from other studies^{12,53} with similar participants that show that high-intensity exercises have better results in the BMI. Also, there is evidence showing unclear results about the efficacy of HIIT on body composition.⁵⁴

The present study showed that sex moderated the effect on Δ WC. A similar result was observed in the moderation of the interaction between the intervention and sexual maturity stage on Δ WC groups. These results can be connected to the findings of Filgueiras⁵⁵ due to the difference in the results between boys and girls; as it was identified that girls had higher percentages of fat in the abdominal area (measured with DXA) and a higher WC. A different profile has been observed in children, and a study with the age group of 3–10 years, showed that girls are about four times more likely to accumulate fat in the central region of the body.

⁵⁶ A study performed by ⁵⁷ with children aged 3–8 years showed that even before puberty there is a difference in body composition between sexes, with girls showing approximately 50% more body fat than boys.

The scientific evidence is not yet clear on the effects of HIIT on the body composition in children and adolescents since there are systematic reviews that conclude that this type of exercise is effective in prepuberal period ⁵⁸ and others point to the need for more research on this matter. ^{59,60}

The limitations of our study were that the data from the physical activity level and dietary intake were not included in this report, although they were indeed collected and are being processed at this moment.

4.4.6 Conclusions

This study gives new data on the effect of 3 moderators: sex, sexual maturity stage, and age, in the results of an intervention with high-intensity and moderate intensity exercises during PE classes with a 2 times-a-week frequency.

Sex, sexual maturity stage, and age did not moderate the result on Δ cardiorespiratory fitness. Furthermore, no moderation was observed in the interaction between groups of intervention. This means that HIIG can be incorporated into PE classes as tool independent of sex, sexual maturity stage, and age of student.

These results were especially important since the present study shows that only the sexual maturity moderated significantly the interaction between groups of intervention on the Δ WC, and sexual maturity and age moderated significantly the interaction between groups of intervention on the Δ BMI z-score. Therefore, the exercises performed by the MIG group had a better effect on students with sexual maturity stage Tanner 2 and children who are 9 years old.

Further research is needed to address the effect of the moderators using low-volume high-intensity interval training in PE classes to improve the overall health in children.

The results of the present study contribute to future lines of research on the moderators of interventions connected to cardiorespiratory fitness results versus fatness paradigm, hormonal effect in body composition in the pre-pubertal period, and the relationship between body composition and high-intensity exercise.

Acknowledgments

The authors thank the participants of the present study for volunteering their time and effort. Trial registration: clinicaltrials.gov Identifier: NCT038500

Author Disclosure Statement

No competing financial interests exist.

4.4.7 References

1. Sallis J, & McKenzie T. Physical education role in public health. *Res Q Exerc Sport*. 1991;62(2):124-137. doi:10.1080/02701367.1991.10608701
2. McKenzie, T, Feldman, H., Woods, S., Romero, K., Dahlstrom, V., Stone, E., Strikmiller P., Williston J, & Harsha D. Children ' s activity levels and lesson context during third-g. *Res Q Exerc Sport*. 1995;66(3):184-193. doi:10.1080/02701367.1995.10608832
3. Kumar B, Robinson R, & Till S. Physical activity and health in adolescence. *Clin Med (Northfield Il)*. 2015;15(3):267-272. doi:10.7861/clinmedicine.15-3-267
4. Hallal PC, Andersen LB, Bull FC, et al. Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *Lancet*. 2012;380:247-257. doi:10.1016/S0140-

6736(12)60646-1

5. Lee I-M, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT. Impact of Physical Inactivity on the World's Major Non-Communicable Diseases. *Lancet*. 2012;380(9838):219-229. doi:10.1016/S0140-6736(12)61031-9
6. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes*. 2008;32(1):1-11. doi:10.1038/sj.ijo.0803774
7. Smith JJ, Eather N, Morgan PJ, Plotnikoff RC, Faigenbaum AD, Lubans DR. The health benefits of muscular fitness for children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Sport Med*. 2014;44(9):1209-1223. doi:10.1007/s40279-014-0196-4
8. Baquet G, Gamelin FX, Mucci P, Thévenet D, Van Praagh E, Berthoin S. Continuous vs. interval aerobic training in 8- to 11-year-old children. *J Strength Cond Res*. 2010;24(5):1381-1388. doi:10.1519/JSC.0b013e3181d1575a
9. Trudeau F, Laurencelle L, Tremblay J, Shephard RJ. A long-term follow-up of participants in the Trois-Rivieres semi-longitudinal study of growth and development. *Pediatr Exerc Sci*. 1998;10(4):366-377. doi:10.1123/pes.10.4.366
10. Arnaoutis G, Georgoulis M, Psarra G, et al. Association of anthropometric and lifestyle parameters with fitness levels in Greek schoolchildren: Results from the EYZHN program. *Front Nutr*. 2018;5:1-10. doi:10.3389/fnut.2018.00010
11. Ogden CL, Carroll MD, Curtin LR, Lamb MM, Flegal KM. Prevalence of high body mass index in US children and adolescents, 2007-2008. *Jama*. 2010;303(3):242-249.
12. Lau PWC, Wong DP, Ngo JK, Liang Y, Kim CG, Kim HS. Effects of high-intensity intermittent running exercise in overweight children. *Eur J Sport Sci*. 2014;1391:1-9. doi:10.1080/17461391.2014.933880
13. Boutcher SH. High-intensity intermittent exercise and fat loss. *J Obes*. 2011;2011:1-10.

doi:10.1155/2011/868305

14. Howe CA, Freedson PS, Feldman HA, Osganian SK. Energy expenditure and enjoyment of common children's games in a simulated free-play environment. *J Pediatr*. 2010;157(6). doi:10.1016/j.jpeds.2010.06.041
15. Carson V, Rinaldi RL, Torrance B, et al. Vigorous physical activity and longitudinal associations with cardiometabolic risk factors in youth. *Int J Obes*. 2014;38:16-21. doi:10.1038/ijo.2013.135
16. Sallis JF, McKenzie TL, Beets MW, Beighle A, Erwin H, Lee S. Physical education's role in public health: Steps forward and backward over 20 years and HOPE for the future. *Res Q Exerc Sport*. 2012;83(2):125-135. doi:10.5641/027013612800745329
17. Bauman A, Sallis J, Dzewaltowski D, Owen N. Toward a better understanding of the influences on physical activity. *Am J Prev Med*. 2002;23(2):5-14. doi:10.1016/S0749-3797(02)00469-5
18. Sweegers MG, Buffart LM, Kalter J, et al. Effects and moderators of exercise on quality of life and physical function in patients with cancer: An individual patient data meta-analysis of 34 RCTs. *Cancer Treat Rev*. 2017;52:91-104. doi:10.1016/j.ctrv.2016.11.010
19. Krombholz H. Physical performance in relation to age, sex, order birth, social class, and sports activities of preschool children. *Percept Mot Skills*. 2006;102:477-484. doi:10.2466/PMS.102.2.
20. Aires L, Pratt M, Lobelo F, Santos RM, Santos MP, Mota J. Associations of Cardiorespiratory fitness in children and adolescents with physical activity, active commuting to school, and screen time. *J Phys Act Heal*. 2011;8(2):S198-S205. <http://journals.humankinetics.com/doi/10.1123/jpah.8.s2.s198>.
21. Ekelund U, Poortvliet E, Nilsson A, Yngve A, Holmberg A, Sjöström M. Physical

- activity in relation to aerobic fitness and body fat in 14- to 15-year-old boys and girls. *Eur J Appl Physiol*. 2001;85(3-4):195-201. doi:10.1007/s004210100460
22. Mota J, Guerra S, Leandro C, Pinto A, Ribeiro JC, Duarte JA. Association of maturation, sex, and body fat in cardiorespiratory fitness. *Am J Hum Biol*. 2002;14(6):707-712. doi:10.1002/ajhb.10086
23. Rump P, Verstappen F, Gerver WJM, Hornstra G. Body composition and cardiorespiratory fitness indicators in prepubescent boys and girls. *Int J Sports Med*. 2002;23(1):50-54. doi:10.1055/s-2002-19274
24. Behringer M, vom Heede A, Yue Z, Mester J. Effects of resistance training in children and adolescents: A meta-analysis. *Pediatrics*. 2010;126(5):e1199-e1210. doi:10.1542/peds.2010-0445
25. Castro-Piñero J, Artero EG, España-Romero V, et al. Criterion-related validity of field-based muscular fitness tests in youth. *J Sports Med Phys Fitness*. 2012;52(3):263-272. doi:10.1136/bjsm.2009.058321
26. Artero EG, España-Romero V, Castro-Piñero J, et al. Reliability of field-based fitness tests in youth. *Int J Sports Med*. 2011;32(3):159-169. doi:10.1055/s-0030-1268488
27. Slaughter AMH, Lohman TG, Boileau RA, et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol*. 1988;60(5):709-723.
28. Vasquez F, Diaz E, Lera L, Vasquez L, Anziani A, Burrows R. Agreement of anthropometric equations with the 4-component model in the prediction of body fat in obese schoolchildren. *Nutr Diet*. 2012;69(2):145-151. doi:10.1111/j.1747-0080.2012.01589.x
29. Must A, Anderson SE. Body mass index in children and adolescents: considerations for population-based applications. *Int J Obes*. 2006;30(4):590-594. doi:10.1038/sj.ijo.0803300

30. Marshall SJ, Biddle SJH, Gorely T, Cameron N, Murdey I. Relationships between media use, body fatness and physical activity in children and youth: A meta-analysis. *Int J Obes*. 2004;28(10):1238-1246. doi:10.1038/sj.ijo.0802706
31. Reyes-Amigo, Soto-Sanchez J, & Palmeira A. Efecto de juegos intermitentes de alta intensidad sobre la aptitud cardiorrespiratoria y la composición corporal en escolares: Protocolo de un estudio aleatorio controlado. *Gymnasium*. 2018;3(1):1-10.
32. Nourry C, Deruelle F, Guinhouya C, et al. High-intensity intermittent running training improves pulmonary function and alters exercise breathing pattern in children. *Eur J Appl Physiol*. 2005;94(4):415-423. doi:10.1007/s00421-005-1341-4
33. Baquet G, Berthoin S, Dupont G, Blondel N, Fabre C, van Praagh E. Effects of high intensity intermittent training on peak VO₂ in prepubertal children. *Int J Sports Med*. 2002;23(6):439-444. doi:10.1055/s-2002-33742
34. Baquet G, Berthoin S, Gerbeaux M, Van Praagh E. High-intensity aerobic training during a 10 week one-hour physical education cycle: Effects on physical fitness of adolescents aged 11 to 16. *Int J Sports Med*. 2001;22(4):295-300. doi:10.1055/s-2001-14343
35. Bendiksen M, Williams CA, Hornstrup T, et al. Heart rate response and fitness effects of various types of physical education for 8- to 9-year-old schoolchildren. *Eur J Sport Sci*. 2014;14(8):861-869. doi:10.1080/17461391.2014.884168
36. Lambrick D, Westrupp N, Kaufmann S, Stoner L, Faulkner J. The effectiveness of a high-intensity games intervention on improving indices of health in young children. *J Sports Sci*. 2015;34(3):190-198. doi:10.1080/02640414.2015.1048521
37. McManus AM, Cheng CH, Leung MP, Yung TC, Macfarlane DJ. Improving aerobic power in primary school boys: A comparison of continuous and interval training. *Int J Sports Med*. 2005;26(9):781-786. doi:10.1055/s-2005-837438

38. Seabra A, Katzmarzyk P, Carvalho MJ, et al. Effects of 6-month soccer and traditional physical activity programmes on body composition, cardiometabolic risk factors, inflammatory, oxidative stress markers and cardiorespiratory fitness in obese boys. *J Sports Sci.* 2016;34(19):1822-1829. doi:10.1080/02640414.2016.1140219
39. Hayes AF, Rockwood NJ. Regression-based statistical mediation and moderation analysis in clinical research: Observations, recommendations, and implementation. *Behav Res Ther.* 2017;98:39-57. doi:10.1016/j.brat.2016.11.001
40. Bolin J. Book Review. *J Educ Meas.* 2014;51(3):335-337. doi:10.1016/S0167-4870(09)00046-4
41. Sardinha LB, Marques A, Martins S, Palmeira A, Minderico C. Fitness, fatness, and academic performance in seventh-grade elementary school students. *BMC Pediatr.* 2014;14(1):176. doi:10.1186/1471-2431-14-176
42. Lobelo F, Pate RR, Dowda M, Liese AD, Ruiz JR. Validity of cardiorespiratory fitness criterion-referenced standards for adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(6):1222-1229. doi:10.1249/MSS.0b013e318195d491
43. Malina RM, Kozziel S. Variation in subcutaneous adipose tissue distribution associated with age, sex, and maturation. *Am J Hum Biol.* 1999;11:189-200. doi:10.1002/(SICI)1520-6300(1999)11:2<189::AID-AJHB7>3.0.CO;2-#
44. Lang JJ, Tremblay MS, Léger L, Olds T, Tomkinson GR. International variability in 20 m shuttle run performance in children and youth: who are the fittest from a 50-country comparison? A systematic literature review with pooling of aggregate results. *Br J Sports Med.* 2016;0(1):1-12. doi:10.1136/bjsports-2016-096224
45. Pate RR, Wang C, Dowda M, Farrell SW, Neill JRO. Cardiorespiratory fitness levels among US youth 12 to 19 years of age. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2015;160:1005-1012. doi:10.1001/archpedi.160.10.1005

46. Reyes-Amigo T, Gómez M, Gallardo M, Palmeira A. Effectiveness of high-intensity interval training on cardiorespiratory fitness and body composition in preadolescent: A systematic review. *Eur J Hum Mov.* 2017;39:32-47.
47. Arabi A, Tamim H, Nabulsi M, et al. Sex differences in the effect of body-composition variables on bone mass in healthy children and adolescents. *Am J Clin Nutr.* 2004;80:1428-1435. doi:10.1001/archpedi.159.10.963
48. McCarthy HD, Cole TJ, Fry T, Jebb SA, Prentice AM. Body fat reference curves for children. *Int J Obes.* 2006;30(4):598-602. doi:10.1038/sj.ijo.0803232
49. Dias KA, Ingul CB, Tjønnå AE, et al. Effect of High-Intensity Interval Training on Fitness, Fat Mass and Cardiometabolic Biomarkers in Children with Obesity: A Randomised Controlled Trial. *Sport Med.* 2018;48(3):733-746. doi:10.1007/s40279-017-0777-0
50. Mezzaroba P V, & Machado FA. Effect of age, anthropometry, and distance in stroke parameters of young swimmers. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(4):702-706. doi:10.1123/IJSP.2013-0278
51. Lomba-Albrecht LA, Styne DM. Effect of puberty on body composition. *Endocrinol Diabetes Obes.* 2009;16:10-15. doi:10.1097/MED.0b013e328320d54c
52. Rico H, Revilla M, Villa L, Hernandez E, Alvarez de Buergo M, Villa M. Body composition in children and Tanner's stages: A study with Dual-Energy X-Ray absorptiometry. *Metabolism.* 1993;42(8):967-970. doi:10.1016/0026-0495(93)90008-C
53. McNarry MA, Lambrick D, Westrupp N, Faulkner J. The influence of a six-week, high-intensity games intervention on the pulmonary oxygen uptake kinetics in prepubertal obese and normal-weight children. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2015;40(10):1012-1018. doi:10.1139/apnm-2015-0051
54. Eddolls W, McNarry M, Stratton G, Winn C, & Mackintosh K. High-intensity interval

- training interventions in children and adolescents: A systematic review. *Sport Med.* 2017;47:2363-2374. doi:10.1007/s40279-017-0753-8
55. Filgueiras S, Vieira P, Fonseca P, et al. Waist circumference, waist-to-height ratio and conicity index to evaluate android fat excess in Brazilian children. *Public Heal Nutr.* 2018;Forthcomin(21):1-7. doi:10.1017/S1368980018002483
56. Melzer MRTF, Magrini IM, Domene SMÁ, Martins PA. Factors associated with abdominal obesity in children. *Rev Paul Pediatr (English Ed.* 2015;33(4):437-444. doi:10.1016/j.rppede.2015.08.002
57. Taylor RW, Gold E, Manning P, Goulding A. Gender differences in body fat content are present well before puberty. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 1997;21(11):1082-1084. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9368835>.
58. García-Hermoso A, Cerrillo-Urbina AJ, Herrera-Valenzuela T, Cristi-Montero C, Saavedra JM, Martínez-Vizcaíno V. Is high-intensity interval training more effective on improving cardiometabolic risk and aerobic capacity than other forms of exercise in overweight and obese youth? A meta-analysis. *Obes Rev.* 2016;17(6):531-540. doi:10.1111/obr.12395
59. Costigan SA, Eather N, Plotnikoff RC, Taaffe DR, Lubans DR. High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2015;49(19):1253-1261. doi:10.1136/bjsports-2014-094490
60. Logan GRM, Harris N, Duncan S, Schofield G. A review of adolescent high-intensity interval training. *Sport Med.* 2014;44(8):1071-1085. doi:10.1007/s40279-014-0187-5

Capítulo V – Discusión General

En este capítulo se presenta, de acuerdo con los resultados obtenidos, una discusión sucinta, que integra las discusiones de los estudios presentados, teniendo como principal referencia el objetivo principal del proyecto de investigación: Analizar los efectos de una intervención en clases de EF con ejercicios intermitentes de alta intensidad sobre la APC y la composición corporal en niños de 9 a 10 años y compararlos con ejercicios de moderada intensidad. Se presentan también diversas implicaciones prácticas para los profesionales que intervienen en las problemáticas planteadas, las limitaciones de proyecto, así como sugerencias para estudios futuros en este campo de investigación.

5.1 Revisión de artículos

De acuerdo a los hallazgos del estudio I los ejercicios intermitentes de alta intensidad en adolescentes puede mejorar significativamente la APC, el IMC y disminuir el porcentaje de grasa corporal, en comparación con el entrenamiento de intensidad moderada y las condiciones de un grupo control sin estímulos intencionados (Costigan et al., 2015). Sin embargo, en la etapa prepuberal, no son claros los datos en demostrar que HIIT es mejor que otras formas de entrenamiento respecto de los posibles cambios metabólicos y en la composición corporal de los sujetos (Racil et al., 2016). Los resultados de la composición corporal son bastante inconsistentes en variables como IMC, sin embargo, la grasa corporal muestra una disminución en la mayoría de los estudios. Este resultado es consistente con otras revisiones (Buchheit & Laursen, 2013; Costigan et al., 2015; Dobbins et al., 2013; García-Hermoso et al., 2016). En el estudio I, revisión sistemática, los programas HIIT se asociaron consistentemente con una mejora en la APC. Por lo tanto, hay pruebas suficientes para concluir que los niños y adolescentes deben realizar AF vigorosa para mejorar su APC. HIIT puede lograr en un corto período de tiempo resultados similares o mejores en la APC en comparación con el entrenamiento de resistencia tradicional (Dobbins et al., 2013).

5.2 Efectos de la intervención

De acuerdo al propósito del estudio III respecto de evaluar el efecto de 2 tipos de intervenciones (HIIG y MIG) en clases de EF, los resultados proporcionan información interesante que aporta evidencia a la disyuntiva “Fitness versus Fatness” (Gaesser et al., 2015), ya que sus resultados están relacionados con la APC y la composición corporal. En el estudio, la intervención de alta intensidad mejora significativamente la APC en comparación

con ejercicios de moderada intensidad. Este resultado es similar a otros estudios (Baquet et al., 2001; Lambrick et al., 2015) que demostraron que los ejercicios de alta intensidad tienen un efecto significativo en la APC en los niños, lo que confirma los resultados anteriores. Otros estudios con ejercicios de alta intensidad evidenciaron una mejora en la APC en niños y niñas normopeso, y también en niños con sobrepeso y con obesidad (Corte de Araujo et al., 2012; Costigan et al., 2015; García-Hermoso et al., 2016). Los estudios con programas HIIT han mostrado consistentemente la posibilidad de aumentar VO_{2max} , pero sólo con clases adicionales de EF u otras sesiones fuera del contexto educativo. El estudio III mostró hallazgos significativos de mejora en la APC en el grupo HIIG aplicando este tipo de intervención durante las clases de EF. Por lo tanto, es posible que las intervenciones con ejercicios de alta intensidad deban mantenerse durante períodos más prolongados en las clases de EF; ya que son beneficiosos y seguros para niños y niñas (Weston et al., 2016).

Con respecto a la composición corporal, los resultados obtenidos son similares a investigaciones previas (Buchan et al., 2011; Lau et al., 2014) en donde HIIT se comparó con ejercicios de intensidad moderada en las variables IMC, BF% y masa libre de grasa, los resultados revelaron poca evidencia que sugiera que HIIT puede provocar cambios significativos en la composición corporal (Eddolls et al., 2017). Otros resultados coinciden con los resultados de este estudio, ya que el IMC no cambió como resultado de la intervención (Eddolls et al., 2017). Sin embargo, algunos estudios informaron mejoras significativas en el IMC en adolescentes después de una intervención de 3 meses (Racil et al., 2016; Tjønnå et al., 2009). En cuanto al IMC, los resultados de HIIG fueron similares a los de otro estudio (Baquet et al., 2001) que evidenciaron una tendencia al aumento.

Nuestro estudio coincide con el trabajo de Barker et al., (2014), que informó que las intervenciones de ejercicios moderados y de alta intensidad no afectan el IMC.

Los resultados de HIIG y MIG son similares a otros estudios (Racil et al., 2016) donde no se observaron cambios significativos en IMCz-score entre pre y post intervención. En el presente estudio, los valores obtenidos disminuyeron en el período de seguimiento. Sin embargo, MIG presentó una disminución significativa en comparación con HIIG. Este resultado no coincide con estudios que muestran períodos de follow-up mayores (Carson et al., 2014) donde los efectos de HIIT después de 2 años se asociaron con una disminución del IMCz-score. Los resultados mostraron diferencias entre HIIG y MIG en relación con CC pre y post intervención. Esto coincide parcialmente con los resultados obtenidos en otro estudio, que evidenció una disminución en la CC con ejercicios de intensidad alta y moderada (Racil

et al., 2016), mientras que este estudio sólo mostró disminuciones en el MIG. Por el contrario, los resultados actuales no replicaron los resultados de Tjønnå et al., (2009) donde se había observado una reducción significativa de CC con HIIT. En el seguimiento con Intención de Tratar (ITT), HIIG y MIG; tienen diferencias producidas como resultado de la intervención que coinciden con otro estudio publicado por Racil et al., (2013). No se observaron resultados de intervención significativos para BF%. Este resultado es similar a los informes anteriores (Racil et al., 2016). Sin embargo, otros estudios demostraron que el ejercicio de intensidad moderada no mostró cambios en BF%, pero que la intervención de HIIT condujo a aumentos en el de BF% (Buchan et al., 2011) en una revisión de tiempo, dos estudios mostraron una reducción significativa en el BF% después de 12 semanas (tres veces por semana) después de ambos tipos de ejercicio, sin diferencias significativas entre los grupos (Ramos et al., 2015). Estos resultados son similares a los de nuestro estudio, lo que demuestra que HIIG y MIG en su conjunto redujeron significativamente los pliegues cutáneos. Esto coincide parcialmente con los resultados obtenidos en el estudio de Lau et al., (2014) donde hubo evidencia de una disminución significativa en la suma de pliegues cutáneos con HIIT. Los efectos de la intervención se perdieron en el seguimiento en cada grupo; ya que HIIG y MIG aumentaron su BF% y la suma de pliegues cutáneos. Por lo tanto, los hallazgos del estudio sugieren que los ejercicios moderados y de alta intensidad son beneficiosos a corto plazo y pueden incluirse en las clases de EF, apoyando los hallazgos de Racil et al., (2013).

Estos resultados de composición corporal en HIIG no fueron los esperados, se sugiere que dos factores pueden ayudar a explicar estos resultados: a) la etapa de la maduración sexual; y b) el sexo de los participantes. Algunos participantes estaban en estadio de Tanner II de maduración, y la mayoría de los participantes fueron niñas. El estadio de Tanner II es el comienzo del desarrollo puberal que implica la maduración morfo-funcional de los tejidos corporales, incluida la cantidad y distribución del tejido adiposo (Siervogel et al., 2003). Durante la infancia, el cuerpo aumenta la energía almacenada en el tejido adiposo y el consumo de proteínas para satisfacer las necesidades energéticas de crecimiento durante la pubertad (Wiskin et al., 2011). Dado que la mayoría de nuestra muestra fueron niñas, y que maduran más rápido que los niños, (Loomba-Albrecht & Styne, 2009); se plantea la hipótesis de que durante el período de seguimiento algunas de las niñas pudieron haber comenzado con los cambios de adiposidad descritos anteriormente, en preparación para su crecimiento acelerado.

5.3 Moderadores de la intervención

El estudio IV tuvo como objetivo estudiar el efecto de los moderadores: sexo, etapa de madurez sexual y edad en dos tipos de intervención sobre la APC y la composición corporal en niños en edad escolar. En relación a la variable de estudio APC esta es influenciada por varios factores, como el sexo, la edad, la composición corporal, el estado de salud y la genética (Sardinha et al., 2014; Lobelo et al., 2009); sin embargo, en el presente estudio, algunos de estos factores no modificaron el efecto de la intervención. El análisis de los datos muestra que el sexo no moderó el resultado sobre la APC; ya que no hubo diferencias en el efecto de la intervención con respecto al sexo. Nuestro estudio tuvo similares resultados a una investigación (Baquet et al., 2010) que utilizó una muestra de niños y niñas en el cual, se aplicó un diseño experimental en el que se comparó el entrenamiento de carreras intermitente de alta intensidad con el entrenamiento de carrera continua de intensidad moderada y una condición de control sin ejercicio; los hallazgos de esta investigación mostraron que el entrenamiento corto de alta intensidad intermitente para niños y niñas fue mixto, y los resultados no mostraron un efecto de género después del entrenamiento, lo que indica que tanto los niños como las niñas aumentaron su APC (Baquet et al., 2010). Por el contrario, no obtuvimos los mismos resultados que Rump et al., (2002); ya que su estudio mostró que los niños que realizaron durante un período de tiempo más largo carreras continuas incrementaban su APC.

Los hallazgos del artículo no indicaron moderación de la etapa de madurez sexual, y la interacción de las intervenciones no difirió en su efectividad según la etapa de madurez sexual. Sin embargo, es importante tener en cuenta los efectos de la madurez cuando se evalúa la condición física de niños y adolescentes (Malina & Koziel, 1999). Los hallazgos de Mota et al., (2002) sugieren que el proceso de maduración sexual sin duda juega un papel importante.

La edad no moderó el efecto de la intervención sobre la APC y ni tampoco hubo moderación en la interacción. Estos resultados no coinciden con los resultados de otros estudios; ya que la evidencia muestra que la modificación de la APC aumenta con la edad (Lang et al., 2016). Sin embargo, las diferencias en la APC son más importantes durante la adolescencia (Pate et al., 2015). Los estudios con programas HIIT han mostrado consistentemente un mayor aumento en la APC, pero sólo en clases adicionales de EF u otras sesiones fuera del contexto educativo (Reyes-Amigo et al., 2017). El presente estudio muestra que una intervención de alta intensidad puede ser realizada en clases de EF de manera

efectiva en los participantes independientemente del sexo, la etapa de madurez sexual y la edad. Por lo tanto una de las novedades de la investigación es que el incremento de la APC es el resultado de una intervención en una clase de EF.

Con respecto a la composición corporal, el sexo, la etapa de madurez sexual y la edad; no moderaron el efecto de la intervención HIIG en $\Delta BF\%$ y la suma de pliegues cutáneos. Además, no hubo moderación en la interacción entre grupos de intervención. Por lo tanto, no difieren en su eficacia según el sexo en $\Delta BF\%$ y la suma de pliegues cutáneos. A diferencia de nuestros resultados, otro estudio (Arabi et al., 2004) con niños en edad escolar (niños y niñas de 10 a 17 años) mostró diferencias en la masa grasa y en la masa magra con respecto al sexo. En este estudio, la intervención se realizó en niños prepúberes, por lo que el resultado se correlacionó con los hallazgos del estudio de McCarthy et al., (2006) y Mota et al., (2002) donde los indicadores de grasa corporal presentan nuevas curvas las cuales reflejan notorias diferencias en el desarrollo de la adiposidad entre niños y niñas. Sin embargo, las curvas son similares en ambos sexos hasta la pubertad, pero luego divergen significativamente en cuanto a que los hombres disminuyen proporcionalmente la grasa corporal y las mujeres continúan ganando. Contrariamente a nuestros resultados sobre la moderación de la etapa de madurez sexual en $\Delta BF\%$ y la suma de pliegues cutáneos, un estudio reciente (Dias et al., 2018) sobre el efecto HIIT en niños con obesidad encontró diferencias en la etapa de Tanner de la pubertad entre niños y niñas en $\Delta BF\%$, ΔIMC -zscore. La muestra del proyecto se encontraba en los estadios de Tanner 1 o 2, por lo que la no moderación de la edad biológica coincide con otra investigación (Mezzaroba & Machado, 2014); ya que las principales diferencias en esa investigación, realizada con niños y adolescentes, fueron las variables antropométricas alrededor de 12 años de edad o en la etapa de madurez sexual Tanner 3. El grupo prepuberal, niños de 10 a 11 años, tuvo valores significativamente más bajos en relación con la composición corporal. La investigación de Loomba-Albrecht & Styne (2009) mostró que las diferencias en la composición corporal antes de la pubertad son menores en comparación con las diferencias pospúberes. Posiblemente, estos resultados se deben al hecho de que en la etapa prepuberal o en edades cronológicas menores a 12 años, no hay diferencias significativas en la composición corporal (Loomba-Albrecht & Styne, 2009; Rico et al., 1993).

La etapa de madurez sexual de los participantes moderó de manera cuasi significativa la interacción entre las variables sobre el IMC-zscore; permitiendo observar una tendencia hacia mejores resultados en el grupo MIG. Nuestros resultados son diferentes de

otros estudios (Lau et al., 2014; McNarry et al., 2015) con participantes similares que muestran que los ejercicios de alta intensidad tienen mejores resultados en el índice de masa corporal. Además, existe evidencia que muestra resultados poco claros sobre la eficacia de HIIT en la composición corporal (Eddolls et al., 2017). El estudio indicó que el no sexo moderó el efecto en ΔCC ; sin embargo se observó una moderación en la interacción entre la etapa de madurez sexual y la intervención en los grupos sobre ΔCC . Estos resultados pueden relacionarse con los hallazgos de Filgueiras et al., (2018) debido a la diferencia en los resultados entre niños y niñas; ya que se identificó que las niñas tenían porcentajes más altos de grasa en el área abdominal (medida con DXA) y un ΔCC más alto. Un estudio realizado por Taylor et al., (1997) con niños de 3 a 8 años mostró que incluso antes de la pubertad existe una diferencia en la composición corporal entre los sexos; con las niñas que muestran aproximadamente un 50% más de grasa corporal que los niños. La evidencia científica aún no está clara sobre los efectos del HIIT en la composición corporal en niños, ya que existen revisiones sistemáticas que concluyen que este tipo de ejercicio es más efectivo en el período puberal (García-Hermoso et al., 2016) y otros señalan a la necesidad de más investigaciones sobre este asunto (Costigan et al., 2015; Logan et al., 2014).

5.4. Limitaciones del estudio

Una de las limitaciones del estudio es que no se abordaron variables cardiometabólicas; en las cuales HIIT a mostrado importantes resultados modificando algunos parámetros (e.g. oxidación de grasas, regulación de la glucosa) que potencian la salud de las personas. Otras de las limitaciones son no poder utilizar el método gold estándar para medir la composición corporal, no medir la frecuencia cardíaca durante las sesiones de ejercicio simultáneamente en todos los niños; sino que fue medida en grupos (grupo de niños que todas las sesiones llevaron el dispositivo y otro grupo de niños que turnaban la utilización del monitor de frecuencia cardíaca), la duración del estudio fue de 11 semanas; la evidencia indica que el tiempo adecuado para modificar la composición corporal son 12 semanas, el follow-up fue realizado después de 3 meses de vacaciones, por lo cual esto puede afectar los resultados.

Finalmente señalar que los datos del nivel de AF y la ingesta dietética no se incluyeron en este informe, aunque se recopilaron y se están procesando en este momento para posteriormente poder publicarlos.

5.5 Indicaciones futuras

A continuación, de acuerdo a los resultados y las limitaciones señaladas, se colocan temas que permiten el surgimiento de indicaciones para estudios futuros:

- 1) Es necesario realizar un mayor número de intervenciones para identificar los efectos que puede tener HIIT en la composición corporal, ya que en este estudio el grupo con ejercicios de moderada intensidad tuvo mejores resultados, por tanto sería interesante establecer como indicar de mejor forma el tipo de intervención de acuerdo a un objetivo y poder aplicar los ejercicios por más de 12 semanas.
- 2) Sería interesante estudiar grupos de estudiantes en edad adolescentes; ya que podría coincidir con motivaciones asociadas a la imagen corporal respecto de una mejor condición física tanto en hombres como en mujeres.
- 3) En este estudio se utilizaron pruebas de medición indirecta con fuerte evidencia científica para jóvenes; sin embargo surge la inquietud de utilizar en una próxima investigación métodos de medición directos.
- 4) Es relevante analizar el efecto que puede tener HIIT en el nivel de AF, en este estudio fue controlado pero aún no se realiza un trabajo en profundidad en este aspecto
- 5) El control de la alimentación semanal y los efectos HIIT en el apetito también son importantes e interesantes variables a analizar para así determinar con mayor detalle los efectos de esta intervención en parámetros de salud.
- 6) La información acerca de Fitness versus Fatness no es abundante en edad escolar; por lo tanto de acuerdo a este estudio es interesante investigar en donde aporta más beneficios HIIT; condición física o composición corporal.
- 7) Es siempre interesante el análisis de cómo interviene los cambios fisiológicos en la condición física durante la etapa escolar; por tanto es imperioso continuar con investigaciones acerca de las recomendaciones de ejercicio físico adecuados a la edad biológica de los niños y niñas para así mejorar la condición física y disminuir la inactividad física.

5.6 Consideraciones finales

De acuerdo a los resultados es importante indicar que debido a la estrecha relación entre la APC y la salud; y a que la clase de EF generalmente es la única instancia en que muchos niños y jóvenes realizan AF de forma programada; establecer que las clases de EF cumplen un rol central en la educación; ya que junto con aportar a la estilo de vida saludable

de las personas, promocionar la AF como una forma placentera y agradable de compartir, enfatizar en el gusto por la AF; también es fundamental en el desarrollo de la condición física; actualmente un potente marcador de salud; y por tanto los profesores de EF adquieren protagonismo; para lo cual deben estar preparados y capacitados; de tal manera que puedan abordar todas estas aristas. En este caso la ciencia tiene la función de aportar conocimientos en esta área fortaleciendo a los educadores físicos y a los profesionales afines con el objetivo de mejorar la calidad de las clases y ser un aporte tanto en lo educacional como en la salud de los estudiantes. Dicho lo anterior es que este trabajo busca a modo general entregar conocimientos basados en evidencia científica y hacer una pequeña contribución al desarrollo de las ciencias de la AF en cuanto a intervención con un método de interés actual y experimentando en el contexto escolar junto a profesores de la asignatura y estudiantes de EF.

Capítulo VI - Conclusiones

Este capítulo está centrado en responder la pregunta de investigación a partir de los resultados obtenidos en los estudios desarrollados. Dicho lo anterior la pregunta planteada fue: ¿Cuáles son los efectos de una intervención con ejercicios intermitentes de alta intensidad sobre la APC y la composición corporal en niños en edad escolar de 9 a 10 años?.

En pos de dar respuesta a esta pregunta es posible indicar que al analizar los efectos de los ejercicios intermitentes de alta intensidad aplicados en la clase de EF; se observaron efectos beneficiosos sobre la APC con los ejercicios HIIG y beneficios en los parámetros de composición corporal en el grupo MIG.

Estos hallazgos proporcionan evidencia sobre los beneficios de incluir ejercicios de intensidad alta y moderada en las clases de EF. Se necesita más investigación para abordar la viabilidad, la eficacia y la seguridad del uso de entrenamiento de intervalo o intermitente de alta intensidad y bajo volumen en clases de EF.

De acuerdo a los moderadores el sexo, la etapa de madurez sexual y la edad no moderaron el resultado en la APC. Además, no se observó moderación en la interacción entre los grupos de intervención. Esto significa que los ejercicios de alta intensidad planteados pueden incorporarse a las clases de EF independientemente del sexo, la etapa de madurez sexual y la edad del estudiante. Los resultados muestran que sólo la madurez sexual moderó significativamente la interacción entre los grupos de intervención en el Δ CC, y la madurez sexual y la edad moderaron cuasi significativamente la interacción entre los grupos de intervención en IMC-zscore. Por lo tanto, los ejercicios realizados por el grupo MIG tuvieron un efecto significativo en los estudiantes en el nivel de madurez sexual Tanner 2 y en niños y niñas de edad cronológica de 9 años.

En definitiva es posible indicar que los ejercicios de alta intensidad son más beneficiosos que los ejercicios de moderada intensidad para incrementar la APC, independiente del nivel de maduración sexual, el género y la edad; y por otro lado aparecen los ejercicios de moderada intensidad siendo más efectivos para mejorar parámetros de la composición corporal, especialmente en niños de 9 años y casi alcanzando la etapa puberal. Esta información es un importante aporte desde el punto de vista de las actividades escogidas para ser aplicadas en las clases de EF; y como un antecedente para una temática de actual interés científico; como lo es la controversia entre que es más importante; aumentar la condición física o disminuir la grasa corporal.

Referencias Bibliográficas

- Adank, A., Van Kann, D., Hoeboer, J., Vries, S., Kremers, S., & Vos, S. (2018). Investigating motor competence in association with sedentary behavior and physical activity in 7- to 11-year-old children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 2470. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112470>
- Albon, H. M., Hamlin, M. J., Ross, J. J., & Hamlin, M. J. (2010). Secular trends and distributional changes in health and fitness performance variables of 10 – 14-year-old children in New Zealand between 1991 and 2003. *Br J Sports Med*, 44, 263–269. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.047142>
- Anderssen, S. A., Cooper, A. R., Riddoch, C., Sardinha, L. B., Harro, M., Brage, S., & Andersen, L. B. (2007). Low cardiorespiratory fitness is a strong predictor for clustering of cardiovascular disease risk factors in children independent of country, age and sex. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 14(4), 526–531. <https://doi.org/10.1097/HJR.0b013e328011efc1>
- Arabi A, Tamim H, Nabulsi M, et al. (2004). Sex differences in the effect of body-composition variables on bone mass in healthy children and adolescents. *Am J Clin Nutr*, 80,1428-1435. doi:10.1001/archpedi.159.10.963
- Arena, R., Myers, J., Williams, M. A., Gulati, M., Kligfield, P., Balady, G. J., ... Fletcher, G. (2007). Assessment of functional capacity in clinical and research settings: A scientific statement from the American Heart Association committee on exercise, rehabilitation, and prevention of the council on clinical cardiology and the council on cardiovascular. *Circulation*, 116(3), 329–343. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.184461>
- Armstrong, N., Tomkinson, G. R., & Ekelund, U. (2011). Aerobic fitness and its relationship to sport, exercise training and habitual physical activity during youth. *Br J Sports Med*, 45, 849–858. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090200>
- Arnaoutis, G., Georgoulis, M., Psarra, G., Milkonidou, A., Panagiotakos, D. B., Kyriakou, D., ... Tambalis, K. D. (2018). Association of anthropometric and lifestyle parameters with fitness levels in Greek schoolchildren: Results from the EYZHN program. *Front. Nutr.*, 5, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00010>
- Artero, E. G., España-Romero, V., Castro-Piñero, J., Ortega, F. B., Suni, J., Castillo-Garzon, M. J., & Ruiz, J. R. (2011). Reliability of field-based fitness tests in youth. *International Journal of Sports Medicine*, 32(3), 159–169. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1268488>
- Astrand, PO., & Ryhming, I. (1954). Special communications Nomogram for calculation of

- aerobic capacity (Physical Fitness) from pulse rate during submaximal work. *J Appl Physiol*, 7(2), 218–221. <https://doi.org/10.1152/jappl.1954.7.2.218>
- Baquet G, Berthoin S, Gerbeaux M, Praagh E Van. (2001). High-intensity aerobic training during a 10 week one hour physical education cycle: effects on physical fitness of adolescents aged 11 to 16, *Int J Sports Med*, 22, 295-300. doi:10.1055/s-2001-14343.
- Baquet, G., Berthoin, S., Dupont, G., Blondel, N., Fabre, C., & van Praagh, E. (2002). Effects of high intensity intermittent training on peak VO2 in prepubertal children. *International Journal of Sports Medicine*, 23(6), 439–444. <https://doi.org/10.1055/s-2002-33742>
- Baquet, G., Gamelin, F.-X., Mucci, P., Thévenet, D., Van Praagh, E., & Berthoin, S. (2010). Continuous vs. interval aerobic training in 8- to 11-year-old children. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1381–1388. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d1575a>
- Barker AR, Day J, Smith A, Bond B, Williams CA. (2014). The influence of 2 weeks of low-volume high-intensity interval training on health outcomes in adolescent boys. *J Sports Sci*, 32(8):757-765. doi:10.1080/02640414.2013.853132.
- Barry, V. W., Baruth, M., Beets, M. W., Durstine, J. L., Liu, J., & Blair, S. N. (2014). Fitness vs. fatness on all-cause mortality: A meta-analysis. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 56(4), 382–390. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2013.09.002>
- Bassett, D. R., Howley, E. T., Thompson, D. L., King, G. A., Strath, S. J., McLaughlin, J. E., & Parr, B. B. (2001). Validity of inspiratory and expiratory methods of measuring gas exchange with a computerized system. *Journal of Applied Physiology*, 91(1), 218–224. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.91.1.218>
- Biddle, S. J. H., & Batterham, A. M. (2015). High-intensity interval exercise training for public health: a big HIT or shall we HIT it on the head? *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 12(1), 95. <https://doi.org/10.1186/s12966-015-0254-9>
- Blair, S. (2009). Physical inactivity: the biggest public health problem of the 21st century. *British Journal of Sports Medicine*, 43(1), 1–2 2p. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ccm&AN=105623051&site=eds-live&scope=site>
- Boutcher, S. H. (2011). High-intensity intermittent exercise and fat loss. *Journal of Obesity*, 2011, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2011/868305>
- Buchan DS, Ollis S, Thomas NE, et al. (2011). Physical activity interventions: effects of

- duration and intensity. *Scand J Med Sci Sport*, 21(6), 341-351. doi:10.1111/j.1600-0838.2011.01303.x.
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part II: Anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Medicine*, 43(10), 927–954.
<https://doi.org/10.1007/s40279-013-0066-5>
- Carson, V., Rinaldi, R. L., Torrance, B., Maximova, K., Ball, G. D. C., Majumdar, S. R., ... Boule, N. G. (2014). Vigorous physical activity and longitudinal associations with cardiometabolic risk factors in youth. *International Journal of Obesity*, 38, 16–21.
<https://doi.org/10.1038/ijo.2013.135>
- Castro-Piñero, J., Artero, E. G., España-Romero, V., Ruiz, J. R., Jiménez-Pavón, D., Aparicio, V. A., ... Ortega, F. B. (2012). Criterion-related validity of field-based muscular fitness tests in youth. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 52(3), 263–272. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.058321>
- Corte de Araujo, A. C., Roschel, H., Picanço, A. R., do Prado, D. M. L., Villares, S. M. F., de Sá Pinto, A. L., & Gualano, B. (2012). Similar health benefits of endurance and high-intensity interval training in obese children. *PLoS ONE*, 7(8), 1–8.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042747>
- Costigan, S. A., Eather, N., Plotnikoff, R. C., Taaffe, D. R., & Lubans, D. R. (2015). High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49(19), 1253–1261. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094490>
- Datar, A., & Sturm, R. (2011). Physical Education in Elementary School and Body Mass Index: Evidence from the Early Childhood Longitudinal Study. *American Journal of Public Health*, 94(9), 1501–1506. <https://doi.org/10.2105/AJPH.94.9.1501>
- de Onis, M., Martínez-Costa, C., Núñez, F., Nguetack-Tsague, G., Montal, A., & Brines, J. (2013). Association between WHO cut-offs for childhood overweight and obesity and cardiometabolic risk. *Public Health Nutrition*, 16(04), 625–630.
<https://doi.org/10.1017/S1368980012004776>
- Dennison, B. A., Straus, J. H., Mellits, E. D., & Charney, E. (1988). Childhood physical fitness tests: predictor of adult physical activity levels? *Pediatrics*, 82(3), 324–330.
Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3405661>
- Dias KA, Ingul CB, Tjønnå AE, et al. (2018). Effect of High-Intensity Interval Training on

- Fitness, Fat Mass and Cardiometabolic Biomarkers in Children with Obesity: A Randomised Controlled Trial. *Sport Med*, 48(3),733-746. doi:10.1007/s40279-017-0777-0
- Dobbins, M., Husson, H., DeCorby, K., & Larocca, R. (2013). School-based physical activity programs for promoting physical activity and fitness in children and adolescents aged 6 to 18. *The Cochrane Collaboration Library*, 18(2).
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD007651.pub2>
- Donnelly, J. E., Blair, S. N., Jakicic, J. M., Manore, M. M., Rankin, J. W., & Smith, B. K. (2009). Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(2), 459–471. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181949333>
- Eddolls, William, McNarry, Malita, Stratton, Gareth, Winn, Charles, Mackintosh K. (2017). High-intensity interval training interventions in children and adolescents: A systematic review. *Sport Med*, 47, 2363-2374. doi:10.1007/s40279-017-0753-8.
- Evenson, K. R., Catellier, D. J., Gill, K., Ondrak, K. S., & McMurray, R. G. (2008). Calibration of two objective measures of physical activity for children. *Journal of Sports Sciences*, 26(14), 1557–1565. <https://doi.org/10.1080/02640410802334196>
- Fernandes, R. A., & Zanesco, A. (2015). Early sport practice is related to lower prevalence of cardiovascular and metabolic outcomes in adults independently of overweight and current physical activity. *Medicina*, 51(6), 336–342.
<https://doi.org/10.1016/j.medici.2015.10.003>
- Filgueiras, S., Vieira, P., Fonseca, P., Pereira, A., Ribeiro, S., Priore, S., ... Novaes, J. (2018). Waist circumference, waist-to-height ratio and conicity index to evaluate android fat excess in Brazilian children. *Public Health Nutr, Forthcomin*(21), 1–7.
<https://doi.org/10.1017/S1368980018002483>
- Fleg, J.; Piña, I; Gary, Balady, G.; Chaitman, B.; Fletcher, B.; Lavie, C.; Limacher, M.; Stein, R.; Williams, M.; Bazzarre, T. (2000). Assessment of functional capacity in clinical and research applications an advisory from the committee on exercise, rehabilitation, and prevention, council on clinical cardiology, American Heart Association. *Circultaion*, 102, 1591–1597.
- Fleg, J. L., & Lakatta, E. G. (1988). Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO2 max. *Journal of Applied Physiology*, 65(3), 1147–1151.
<https://doi.org/10.1152/jappl.1988.65.3.1147>

- Flegal, K. M., Carroll, M. D., Kit, B. K., & Ogden, C. L. (2012). Prevalence of obesity and trends in the Distribution of Body Mass Index Among US Adults, 1999-2010. *Jama*, 307(5), 491. <https://doi.org/10.1001/jama.2012.39>
- Floriani, V., & Kennedy, C. (2008). Promotion of physical activity in children. *Current Opinion in Pediatrics*, 20(1), 90–95. <https://doi.org/10.1097/MOP.0b013e3282f3d9f9>
- Fogelholm, M. (2010). Physical activity, fitness and fatness: Relations to mortality, morbidity and disease risk factors. A systematic review. *Obesity Reviews*, 11(3), 202–221. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2009.00653.x>
- Furtado, J. M., Almeida, S. M., Mascarenhas, P., Ferraz, M. E., Ferreira, J. C., Vilanova, M., ... Ferraz, F. P. (2018). Anthropometric features as predictors of atherogenic dyslipidemia and cardiovascular risk in a large population of school-aged children. *PLoS ONE*, 13(6), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197922>
- Gaesser GA, Tucker WJ, Jarrett CL. (2015). Fitness versus fatness: Which influences health and mortality risk the most ?. *Curr Sport Med Rep*, 14(4), 327-332. doi:10.1249/JSR.0000000000000170.
- García-Hermoso, A., Cerrillo-Urbina, A. J., Herrera-Valenzuela, T., Cristi-Montero, C., Saavedra, J. M., & Martínez-Vizcaíno, V. (2016). Is high-intensity interval training more effective on improving cardiometabolic risk and aerobic capacity than other forms of exercise in overweight and obese youth? A meta-analysis. *Obesity Reviews*, 17(6), 531–540. <https://doi.org/10.1111/obr.12395>
- Gibala, M. J., Little, J. P., MacDonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of Physiology*, 590(5), 1077–1084. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.224725>
- Golle, K., Muehlbauer, T., Wick, D., & Granacher, U. (2015). Physical fitness percentiles of german children aged 9-12 Years: Findings from a longitudinal study. *PLoS ONE*, 10(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142393>
- Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2018). Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1·9 million participants. *The Lancet Global Health*, 6(10), e1077–e1086. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(18\)30357-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30357-7)
- Hallal, P. C., Andersen, L. B., Bull, F. C., Guthold, R., Haskell, W., Ekelund, U., ... Group, W. (2012). Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *The Lancet*, 380, 247–257. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60646-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60646-1)

- Hamlin, M. J., Fraser, M., Lizamore, C. A., Draper, N., Shearman, J. P., & Kimber, N. E. (2014). Measurement of cardiorespiratory fitness in children from two commonly used field tests after accounting for body fatness and maturity. *Journal of Human Kinetics*, 40(March), 83–92. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0010>
- Hay, J., Maximova, K., Durksen, A., Carson, V., Rinaldi, R. L., Torrance, B., ... McGavock, J. (2012). Physical activity intensity and cardiometabolic risk in youth. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 166(11), 1022–1029. <https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2012.1028>
- Howe, A., Freedson, S., Feldman, A., & Osganian, K. (2010). Energy expenditure and enjoyment of common children's games in a simulated free-play environment. *Journal of Pediatrics*, 157(6), 936–942. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2010.06.041>
- Jankowski, M., Niedzielska, A., Brzezinski, M., & Drabik, J. (2015). Cardiorespiratory fitness in children: A simple screening test for population studies. *Pediatric Cardiology*, 36(1), 27–32. <https://doi.org/10.1007/s00246-014-0960-0>
- Janssen, I., & LeBlanc, A. G. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *Int.J.Behav.Nutr.Phys.Act.*, 7, 40-. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-7-40>
- Jimmy, G., Seiler, R., & Maeder, U. (2013). Development and validation of energy expenditure prediction models based on GT3X accelerometer data in 5-to 9-year-old children. *Journal of Physical Activity and Health*, 10(7), 1057–1067. <https://doi.org/10.1123/jpah.10.7.1057>
- Jones, R. A., Hinkley, T., Okely, A. D., & Salmon, J. (2013). Tracking physical activity and sedentary behavior in childhood: A systematic review. *American Journal of Preventive Medicine*, 44(6), 651–658. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2013.03.001>
- Keating, S., Machan, E., O'Connor, H., Gerofi, J., Sainsbury, A., Caterson, I., & Johnson, N. (2014). Continuous exercise but not high intensity interval training improves fat distribution in overweight adults. *Journal of Obesity*, 2014, 25–27. <https://doi.org/10.1155/2014/834865>
- Kennedy, A. B., Lavie, C. J., & Blair, S. N. (2018). Fitness or Fatness. *Jama*, 319(3), 231. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.21649>
- Kumar, B., Robinson, R., & Till, S. (2015). Physical activity and health in adolescence. *Clinical Medicine*, 15(3), 267–272. <https://doi.org/10.7861/clinmedicine.15-3-267>
- Lambrick, D., Stoner, L., Grigg, R., & Faulkner, J. (2016). Effects of continuous and

- intermittent exercise on executive function in children aged 8-10 years. *Psychophysiology*, 53(9), 1335–1342. <https://doi.org/10.1111/psyp.12688>
- Lambrick, D., Westrupp, N., Kaufmann, S., Stoner, L., & Faulkner, J. (2016). The effectiveness of a high-intensity games intervention on improving indices of health in young children. *Journal of Sports Sciences*, 34(3), 190–198. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1048521>
- Lang, J. J., Tremblay, M. S., Léger, L., Olds, T., & Tomkinson, G. R. (2016). International variability in 20 m shuttle run performance in children and youth: who are the fittest from a 50-country comparison? A systematic literature review with pooling of aggregate results. *British Journal of Sports Medicine*, 0(1), 1–12. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096224>
- Lau, P. W. C., Wong, D. P., Ngo, J. K., Liang, Y., Kim, C. G., & Kim, H. S. (2014). Effects of high-intensity intermittent running exercise in overweight children. *European Journal of Sport Science*, 1391, 1–9. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.933880>
- Lee, I.-M., Shiroma, E. J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S. N., & Katzmarzyk, P. T. (2012). Impact of Physical Inactivity on the World's Major Non-Communicable Diseases. *Lancet*, 380(9838), 219–229. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61031-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61031-9)
- Lee, I., Shiroma, E. J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S. N., Katzmarzyk, P. T., ... Group, W. (2012). Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *The Lancet*, 380(9838), 219–229. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61031-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61031-9)
- Lee, S. M., Burgeson, C. R., Fulton, J. E., & Spain, C. G. (2007). Physical education and physical activity: results from the school health policies and programs study 2006. *The Journal of School Health*, 77(8), 435–463. <https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.2007.00229.x>
- Lee, V., Blew, R., Hetherington-Rauth, M., Blew, D., Galons, J.-P., Hagio, T., ... Going, S. (2018). Estimation of visceral fat in 9- to 13-year-old girls using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) and anthropometry. *Obesity Science & Practice*, 4(5), 437–447. <https://doi.org/10.1002/osp4.297>
- Li, F., & Chen, P. (2017). Addressing the public health concerns of physical inactivity, low levels of fitness, and unhealthy weight among Chinese school-aged children. *Journal of Sport and Health Science*, 6(4), 379–380. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.10.002>
- Lobelo, F., Pate, R. R., Dowda, M., Liese, A. D., & Ruiz, J. R. (2009). Validity of

- cardiorespiratory fitness criterion-referenced standards for adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(6), 1222–1229.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318195d491>
- Lobelo, F., & Ruiz, J. R. (2007). Cardiorespiratory Fitness as Criterion Validity for Health-Based Metabolic Syndrome Definition in Adolescents. *Journal of the American College of Cardiology*, 50(5), 471. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2007.04.045>
- Lobstein, T., Baur, L., & Uauy, R. (2004). Obesity in children and young people: A crisis in. *Obesity*, 5(1), 4–85. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2004.00133.x>
- Logan, G. R. M., Harris, N., Duncan, S., & Schofield, G. (2014). A review of adolescent high-intensity interval training. *Sports Medicine*, 44(8), 1071–1085.
<https://doi.org/10.1007/s40279-014-0187-5>
- Lohman, T. (1987). The use of skinfold to estimate body fatness on children and youth. *Journal of Physical Education, Recreation and Dance*, 58(9), 98–103.
<https://doi.org/10.1080/07303084.1987.10604383>
- Lohman, T. G., Hingle, M., & Going, S. B. (2013). Body Composition in Children. *Pediatric Exercise*, 25(4), 573–590. <https://doi.org/10.1123/pes.25.4.573>
- Loomba-Albrecht LA, Styne DM. (2009). Effect of puberty on body composition. *Endocrinol Diabetes Obes*, 16, 10–15. doi:10.1097/MED.0b013e328320d54c.
- Lussier, L. & Buskirk, E. (1977). Effects of an endurance training regimen on assessment of work capacity in prepubertal children. *Ann N Y Acad Sci.*, 301, 734–747.
<https://doi.org/10.1016/j.scispo.2004.11.001>
- Malina RM, Koziel S. (1999). Variation in subcutaneous adipose tissue distribution associated with age, sex, and maturation. *Am J Hum Biol*, 11, 189–200. doi:10.1002/(SICI)1520-6300(1999)11:2<189::AID-AJHB7>3.0.CO;2-#
- McCarthy HD, Cole TJ, Fry T, Jebb SA, Prentice AM. (2006). Body fat reference curves for children. *Int J Obes*, 30(4), 598–602. doi:10.1038/sj.ijo.0803232
- Mcguire, S. (2012). Institute of medicine (IOM) early childhood obesity prevention policies . Washington, DC: The National Academies Press; 2011. *American Society for Nutrition*, 3, 56–57. <https://doi.org/10.3945/an.111.001347>
- Mckenzie, T., Feldman, H., Woods, S., Romero, K., Dahlstrom, V., Stone, E., Strikmiller, P., Williston, J. & Harsha, D. (1995). Children ' s activity levels and lesson context during third-g. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 66(3), 184–193.
<https://doi.org/10.1080/02701367.1995.10608832>

- McKenzie, T. L., Sallis, J. F., Prochaska, J. J., Conway, T. L., Marshall, S. J., & Rosengard, P. (2004). Evaluation of a two-year middle-school physical education intervention: M-SPAN. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(8), 1382–1388.
<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000135792.20358.4D>
- McMurray, R. G., & Hackney, A. C. (2005). Interactions of metabolic hormones, adipose tissue and exercise. *Sports Medicine*, 35(5), 393–412. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535050-00003>
- McNarry, M. A., Lambrick, D., Westrupp, N., & Faulkner, J. (2015). The influence of a six-week, high-intensity games intervention on the pulmonary oxygen uptake kinetics in prepubertal obese and normal-weight children. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(10), 1012–1018. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0051>
- Metcalf, B., Henley, W., & Wilkin, T. (2012). Effectiveness of intervention on physical activity of children: systematic review and meta-analysis of controlled trials with objectively measured outcomes (EarlyBird 54). *Bmj*, 345, 1–11.
<https://doi.org/10.1136/bmj.e5888>
- Metcalf, B. S., Voss, L. D., Hosking, J., Jeffery, A. N., & Wilkin, T. J. (2008). Physical activity at the government-recommended level and obesity-related health outcomes: A longitudinal study (Early Bird 37). *Archives of Disease in Childhood*, 93(9), 772–777.
<https://doi.org/10.1136/adc.2007.135012>
- Metter, E. J., Talbot, L. A., Schrager, M., & Conwit, R. (2002). Skeletal Muscle Strength as a Predictor of All-Cause Mortality in Healthy Men. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 57(10), B359–B365.
<https://doi.org/10.1093/gerona/57.10.B359>
- Mezzaroba P V, & Machado FA. (2014). Effect of age, anthropometry, and distance in stroke parameters of young swimmers. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(4), 702–706.
doi:10.1123/IJSPP.2013-0278
- Moreno, L., Concha, F., & Kain, J. (2012). Intensidad de movimiento de escolares durante clases de educación física de colegios municipales: Resultados según el profesional que efectúa las clases. *Revista Chilena de Nutrición*, 39(4), 123–128.
<https://doi.org/10.4067/S0717-75182012000400003>
- Mota, J., Guerra, S., Leandro, C., Pinto, A., Ribeiro, J. C., & Duarte, J. A. (2002). Association of maturation, sex, and body fat in cardiorespiratory fitness. *American Journal of Human Biology*, 14(6), 707–712. <https://doi.org/10.1002/ajhb.10086>

- Murphy, A., Kist, C., Gier, A. J., Edwards, N. M., Gao, Z., & Siegel, R. M. (2015). The feasibility of high-intensity interval exercise in obese adolescents. *Clinical Pediatrics*, 54(1), 87–90. <https://doi.org/10.1177/0009922814528038>
- Ogden, C. L., Carroll, M. D., Curtin, L. R., Lamb, M. M., & Flegal, K. M. (2010). Prevalence of high body mass index in US children and adolescents, 2007-2008. *Jama*, 303(3), 242–249.
- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Sjöström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, 32(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
- Ortega, R., Grandes, G., Sanchez, A., Montoya, I., & Torcal, J. (2018). Cardiorespiratory fitness and development of abdominal obesity. *Preventive Medicine*, 118, 232–237. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2018.10.020>
- Pate RR, Wang C, Dowda M, Farrell SW, Neill JRO. (2015). Cardiorespiratory fitness levels among US youth 12 to 19 years of age. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 160, 1005-1012. doi:10.1001/archpedi.160.10.1005
- Patton, G. C., & Viner, R. (2007). Pubertal transitions in health. *Lancet*, 369(9567), 1130–1139. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)60366-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)60366-3)
- Pietrobelli, A., & Tatò, L. (2005). Body composition measurements: From the past to the future. *Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics, Supplement*, 94(448), 8–13. <https://doi.org/10.1080/08035320510035221>
- Racil G, Ounis O Ben, Hammouda O, et al. (2013). Effects of high vs. moderate exercise intensity during interval training on lipids and adiponectin levels in obese young females. *Eur J Appl Physiol*, 113(10), 2531-2540. doi:10.1007/s00421-013-2689-5.
- Racil, G., Coquart, J. B., Elmontassar, W., Haddad, M., Goebel, R., Chaouachi, A., ... Chamari, K. (2016). Greater effects of high-compared with moderate-intensity interval training on cardio-metabolic variables, blood leptin concentration and ratings of perceived exertion in obese adolescent females. *Biology of Sport*, 33(2), 145–152. <https://doi.org/10.5604/20831862.119863>
- Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Tjonna, A. E., Beetham, K. S., & Coombes, J. S. (2015). The Impact of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training on Vascular Function: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 45(5), 679–692. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0321-z>
- Ratel, S., Lazaar, N., Dore, E., Baquet, G., Williams, C., Bertohin, S., Van Praagh, E., Bedu,

- M., & Duche, P. (2004). High-intensity intermittent activities at school: Controversies and facts. *J Sports Med Physi Fitness*, 44, 272–280.
- Rendo-Urteaga, T., De Moraes, A., Collese, T., Manios, Y., Hagströmer, M., Sjöström, M., ... Moreno, L. (2015). The combined effect of physical activity and sedentary behaviors on a clustered cardio-metabolic risk score: The Helena study. *International Journal of Cardiology*, 186, 186–195. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2015.03.176>
- Rey-Lopez, J. P., Bel-Serrat, S., Santaliestra-Pasías, A., de Moraes, A. C., Vicente-Rodriguez, G., Ruiz, J. R., ... Moreno, L. A. (2013). Sedentary behaviour and clustered metabolic risk in adolescents: The HELENA study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 23(10), 1017–1024. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2012.06.006>
- Reyes-Amigo T, Gómez M, Gallardo M, Palmeira A. (2017). Effectiveness of high-intensity interval training on cardiorespiratory fitness and body composition in preadolescent: A systematic review. *Eur J Hum Mov*, 39, 32-47.
- Reyes-Amigo, T., Soto-Sánchez, J. & Palmeira, A. (2018). Efecto de juegos intermitentes de alta intensidad sobre la aptitud cardiorespiratoria y la composición corporal en escolares: Protocolo de un estudio aleatorio controlado. *Gymnasium*, 3(1), 1–10.
- Rico H, Revilla M, Villa L, Hernandez E, Alvarez de Buergo M, Villa M. (1993). Body composition in children and Tanner's stages: A study with Dual-Energy X-Ray absorptiometry. *Metabolism*, 42(8), 967-970. doi:10.1016/0026-0495(93)90008-C
- Ross, J. G., Dotson, C. O., Gilbert, G. G., & Katz, S. J. (1985). What are Kids Doing in School Physical Education? *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 56(1), 73–76. <https://doi.org/10.1080/07303084.1985.10603690>
- Ruiz, J. ., España, V., Castro, J., Artero, E. ., Ortega, F. ., García, M., ... Castillo, M. . (2011). Batería ALPHA-Fitness : test de campo para la evaluación de la condición física relacionada con la salud en niños y adolescentes. *Nutrición Hospitalaria*, 26(6), 1210–1215. <https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.6.5270>
- Rump P, Verstappen F, Gerver WJM, Hornstra G. (2002). Body composition and cardiorespiratory fitness indicators in prepubescent boys and girls. *Int J Sports Med*, 23(1), 50-54. doi:10.1055/s-2002-19274
- Sallis, J., & McKenzie, T. (1991). PE Role in Public Heath. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 62(2), 124–137.
- Sallis, J. F., McKenzie, T. L., Beets, M. W., Beighle, A., Erwin, H., & Lee, S. (2012). Physical education's role in public health: Steps forward and backward over 20 years

- and HOPE for the future. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 83(2), 125–135.
<https://doi.org/10.5641/027013612800745329>
- Sardinha, L. B., Marques, A., Martins, S., Palmeira, A., & Minderico, C. (2014). Fitness, fatness, and academic performance in seventh-grade elementary school students. *BMC Pediatrics*, 14(1), 176. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-14-176>
- Seabra, A., Katzmarzyk, P., Carvalho, M. J., Coelho-E-Silva, M., Abreu, S., ... Malina, R. M. (2016). Effects of 6-month soccer and traditional physical activity programmes on body composition, cardiometabolic risk factors, inflammatory, oxidative stress markers and cardiorespiratory fitness in obese boys. *Journal of Sports Sciences*, 34(19), 1822–1829.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1140219>
- Shields, M. (2006). Overweight and obesity among children and youth. *Health Reports*, 17(3), 27–42. Retrieved from
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=14598554
- Siervogel RM, Demerath EW, Schubert C, et al. (2003). Puberty and body composition. *Horm Res*, 60(suppl 1), 36-45. doi:10.1159/000071224.
- Sirard, J. & Pate, R. (2001). Physical activity assessment in children and adolescents. *Sports Medicine*, 31(6), 439–454. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131060-00004>
- Skinner, A. C., Perrin, E. M., Moss, L. A., & Skelton, J. A. (2015). Cardiometabolic risks and severity of obesity in children and young adults. *New England Journal of Medicine*, 373(14), 1307–1317. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1502821>
- Smith, N., Monnat, S., & Lounsbery, M. (2015). Physical activity in physical education: are longer lessons better? *The Journal of School Health*, 85(3), 141–148.
<https://doi.org/10.1111/josh.12233>
- Stevens, J., Cai, J., Evenson, K. R., & Thomas, R. (2002). Fitness and fatness as predictors of mortality from all causes and from cardiovascular disease in men and women in the lipid research clinics study. *American Journal of Epidemiology*, 156(9), 832–841.
<https://doi.org/10.1093/aje/kwf114>
- Stratton, G., Canoy, D., Boddy, L. M., Taylor, S. R., Hackett, A. F., & Buchan, I. E. (2007). Cardiorespiratory fitness and body mass index of 9-11-year-old English children: A serial cross-sectional study from 1998 to 2004. *International Journal of Obesity*, 31(7), 1172–1178. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803562>
- Taylor RW, Gold E, Manning P, Goulding A. (1997). Gender differences in body fat content

- are present well before puberty. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 21(11), 1082-1084.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9368835>.
- Thompson, A., Church, T., Janssen, I., PT, Katzmarzyk, P., CP, Earnest, C., & Blai, R. (2008). Cardiorespiratory fitness as a predictor of cancer mortality among men with pre-diabetes and diabetes. *Diabetes Care*, 31(4), 764–769 6p. <https://doi.org/dc07-1648> [pii]r10.2337/dc07-1648
- Tjønnå AE, Stølen TO, Bye A, et al. (2009). Aerobic interval training reduces cardiovascular risk factors more than a multitreatment approach in overweight adolescents. *Clin Sci*, 116(4), 317-326. doi:10.1042/CS20080249.
- Urlando A., Dempster, P., & Aitkens, S. (2003). A new air displacement plethysmograph for the measurement of body composition in infants. *Pediatric Research*, 53(3), 486–492. <https://doi.org/10.1203/01.PDR.0000049669.74793.E3>
- Vasquez, F., Diaz, E., Lera, L., Vasquez, L., Anziani, A., & Burrows, R. (2012). Agreement of anthropometric equations with the 4-component model in the prediction of body fat in obese schoolchildren. *Nutrition and Dietetics*, 69(2), 145–151. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0080.2012.01589.x>
- Watts, K., Naylor, L. H., Davis, E. A., Jones, T. W., Beeson, B., Bettenay, F., ... Green, D. J. (2006). Do skinfolds accurately assess changes in body fat in obese children and adolescents?. *Pediatric Exercise Science*, 83(3), 439–444. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000191160.07893.2d>
- Weston, K.; Azevedo, L.; Bock, S.; Weston, M.; George, P. & Batterham A. (2016). Effect of novel, school-based high-intensity interval training (HIT) on cardiometabolic health in adolescents: Project FFAB (Fun Fast Activity Blasts)-an exploratory controlled, before-and-after trial. *PLoS One*, 11, 1-18. doi:10.1371/journal.pone.0159116.
- Wiskin AE, Davies JH, Wootton SA, Beattie RM. (2011). Energy expenditure , nutrition and growth. *Arch Dis Child*, (96), 567-573. doi:10.1136/adc.2009.158303.
- Zahner, L., Puder, J. J., Roth, R., Schmid, M., Guldimann, R., Pühse, U., ... Kriemler, S. (2006). A school-based physical activity program to improve health and fitness in children aged 6–13 years (“Kinder-Sportstudie KISS”): study design of a randomized controlled trial [ISRCTN15360785]. *BMC Public Health*, 6(1), 147. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-6-147>

Apéndice

Apéndice I – Autorización para llevar a cabo la intervención Colegio Carlos Cousiño

Apéndice II – Certificado de aprobación Comité de Bioética Universidad de Playa Ancha

Apéndice – III Asentimiento informado para estudiantes participantes

Apéndice – IV Cosentimiento informado para los padres de los estudiantes participantes del estudio

Apéndice – V Protocol Registration (Clinical Trails.gov): NCT03308500

Apéndice VI – Aprobación de proyecto para tesis de Postgrado Universidad de Playa Ancha

Apéndice I – Autorización para llevar a cabo la intervención Colegio Carlos Cousiño



Valparaíso, septiembre 4 de 2017.-

Señor

Mg.: Tomás Reyes Amigo

Docente

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Universidad de Playa Ancha

Presente

Por medio de la presente me dirijo a usted para informar que la investigación EJERCICIO FÍSICO DE ALTA INTENSIDAD EN NIÑOS tiene la autorización para ser realizada en nuestro establecimiento, Colegio Carlos Cousiño de Valparaíso; con los estudiantes de tercero, cuarto y quinto básico del presente año.

Atentamente,



Maria José Jerez Pimentel
Coordinadora Académica

Apéndice II – Certificado de aprobación Comité de Bioética Universidad de Playa Ancha



CERTIFICADO 001/2017

El Comité de Bioética de la Universidad de Playa Ancha que suscribe, creado por Decreto Exento N° 1.432/2012; D.E. 0762/2015 Modifica Decreto Exento N° 1346/2014 de Rectoría, que Modifica Decreto Exento N° 1432/2012; Decreto Exento 0762/2015 Modifica Decreto Exento 1346/2014 de Rectoría que modifica Decreto Exento N° 1432/2012 que Crea Comité de Bioética de la Universidad y Fija Texto Refundido, certifica que se analizaron los antecedentes del estudio: **“Efecto de un programa de ejercicio físico basado en juegos de alta intensidad en niños de 8 a 12 años”**, presentado por el académico Sr. Tomás Reyes Amigo, perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y acerca de la materia acordó: “Considerando los antecedentes presentados y la metodología propuesta, este Comité establece que el estudio cumple con las normas de bioética establecidas por la Institución para este tipo de investigaciones”.

Se extiende el presente certificado para los fines que estime convenientes.



PATRICIA GONZÁLEZ SAN MARTÍN
PRESIDENTA COMITÉ DE BIOÉTICA

Viña del Mar, 06 de enero de 2017

Apéndice – III Asentimiento informado para estudiantes participantes



ASENTIMIENTO INFORMADO

Proyecto de investigación: “Efecto de un programa de ejercicio físico basado en juegos de alta intensidad en niños de 8 a 12 años”

Hola mi nombre es Tomás Reyes Amigo y trabajo en el Departamento disciplinario de Educación Física de la Universidad de Playa Ancha. Actualmente junto a un equipo de investigadores estoy realizando un estudio para conocer los efectos de un programa de ejercicio físico basado en juegos de alta intensidad en niños; y para ello quiero pedirte que me ayudes.

Tu participación en el estudio consistiría en permitirnos evaluar tu condición física, cuanta actividad física realizas, cual es tu composición corporal, medir tu peso, talla, perímetro de cintura, presión arterial y que respondas 2 encuestas.

Tu participación en el estudio es voluntaria, es decir, aun cuando tu papá o mamá hayan dicho que puedes participar, si tú no quieres hacerlo puedes decir que no. Es tu decisión si participas o no en el estudio. También es importante que sepas que si en un momento dado ya no quieres continuar participando, no habrá ningún problema.

Toda la información que proporcionas acerca de las mediciones que realicemos nos ayudará a identificar qué tipo de juegos son los más beneficios para la salud de los niños.

Esta información será confidencial. Esto quiere decir que no diremos a nadie los resultados de tus mediciones, sólo lo sabrán las personas que forman parte del equipo de este estudio y tus padres.

Si aceptas participar, te pido que por favor pongas una (☐) en el cuadrito de abajo que dice “Sí, quiero participar” y escribas tu nombre.

Si no quieres participar, no pongas ninguna (☐), ni escribas tu nombre.

☐ Sí, quiero participar

Nombre: _____

Nombre y firma de la persona que obtiene el asentimiento:

Fecha: _____ de _____ de ____.

Apéndice – IV Consetimiento informado para los padres de los estudiantes participantes del estudio



INFORMACION PARA EL APODERADO ACERCA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

“Efecto de un programa de ejercicio físico basado en juegos de alta intensidad en niños de 8 a 12 años”

Estimado apoderado usted y su hijo han sido invitados a participar en el estudio “Efecto de un programa de ejercicio físico basado en juegos de alta intensidad en niños de 8 a 12 años “, cuyo propósito de estudio es establecer la intensidad necesaria de los ejercicios físicos que realizan los niños chilenos para prevenir factores de riesgo cardiovascular. La obesidad y la hipertensión infantil ha sido un gran problema en los niños chilenos durante muchos años alcanzando un 23% en el 2010. Como consecuencia de ello, el Ministerio de Salud ha considerado un objetivo sanitario relevante reducir alteraciones de la composición corporal de los niños debido a las consecuencias en su salud actual y a futuro cuando se conviertan en adultos. Se ha demostrado que alrededor del 25% de los niños chilenos tienen una alteración de su composición corporal respecto de la cantidad de masa grasa, de seis a doce años de edad, presentan una condición que puede derivar en enfermedades cardiometabólicas y más del 25% están en riesgo de tener enfermedades cardiovasculares.

El objetivo de este estudio es identificar el efecto de un programa de ejercicio físico basado en juegos de alta intensidad en la condición cardiorrespiratoria y en factores de riesgo cardiovascular en niños de 8 a 12. Para este efecto se medirá la potencia aeróbica máxima, nivel de actividad física y factores de riesgo cardiovascular tales como; presión arterial, peso, talla y perímetro de cintura, porcentaje de grasa, porcentaje de masa muscular y suma de pliegues cutáneos.

Su valiosa participación consistirá en autorizar que a su hijo o pupilo se realice las mediciones que se detallan a continuación por una sola vez.

- a. Determinación del nivel de actividad física realizada durante 7 días continuos mediante un acelerómetro (aparato que pesa cinco gramos y mide 4 cm), el cual se debe usar todos los días y sólo debe ser retirado durante la ducha o actividades en la piscina, además se aplicará un cuestionario a Ud. y a los niños.
- b. Condición cardiorrespiratoria: test 20 Metros Shuttle Run Test.
- c. Composición corporal a través de bioimpedancia, balanza con tallímetro (medición peso y estatura) cinta métrica (circunferencia de cintura) y adipómetro (pliegues cutáneos).
- d. Parámetro cardiovascular: esfigmomanómetro (presión arterial).
- e. Determinación de la edad biológica, lo que se realizará por medio de un cuestionario de autoreporte.

Todos los procedimientos descritos anteriormente serán realizados al interior del establecimiento, por profesionales calificados y sin ningún costo para usted o el establecimiento educacional.

“Efecto de un programa de ejercicio físico basado en juegos de alta intensidad en niños de 8 a 12 años”

Yo, _____, CI _____, En mi condición de (padre, madre, apoderado) del estudiante _____.

He leído el documento informativo que me ha sido entregado.

He tenido oportunidad de efectuar preguntas sobre el estudio.

He recibido respuestas satisfactorias de los investigadores.

He recibido suficiente información en relación con el estudio.

Entiendo que la participación de mi representado es voluntaria.

Entiendo que puede abandonar el estudio:

- Cuando lo desee.
- Sin que tenga que dar explicaciones.
- Sin que ello afecte su relación con el resto de la comunidad escolar.

He estado presente en el proceso de información a mi representado y he sido testigo de su asentimiento.

Por consiguiente considero que mi hijo:

- Ha comprendido suficientemente el alcance de su participación en este estudio.
- No le reporta perjuicio personal alguno.
- Está dispuesto a participar voluntariamente.
- Puede contribuir al avance científico con importantes beneficios para la salud de él mismo y de la población en general.

Declaro que he sido informado en forma clara, precisa y suficiente de las siguientes condiciones:

- Los resultados obtenidos serán tratados y custodiados en forma confidencial.
- Me asiste el derecho de acceso a los resultados, lo que podré ejercer mediante solicitud al investigador responsable en la dirección de contacto que figura en este documento.
- Los datos que se obtengan no podrán ser utilizados con fines distintos a los planteados para esta investigación sin mi consentimiento expreso.

Declaro mediante el presente escrito mi conformidad para que mi pupilo _____ participe en este estudio.

Nombre del padre, madre o apoderado:

C.I.:

Firma:

Nombre del investigador responsable: Tomás Reyes Amigo

C.I.: 15.341.763-6

Firma:

Contactos investigador responsable: 032-2500183 – 89055025; tomas.reyes@upla.cl

Fecha:

Apêndice – V Protocol Registration (Clinical Trials.gov): NCT03308500

ClinicalTrials.gov PRS

Protocol Registration and Results System

[Open](#) LUSUP21231016

NCT03308500

Effect of High-intensity Intermittent Games on
Cardiorespiratory Fitness and Body Composition in
Children (HIIG)

Apéndice VI – Aprobación de proyecto para tesis de Postgrado Universidad de Playa Ancha

Estimado Tomás,

Nos complace informar a usted que su proyecto de tesis denominado "*Efecto de un programa de ejercicio físico basado en juegos de alta intensidad en niños de 8 a 12 años*", ha sido evaluado como "**aplica para Fondos**", lo que se adjudica los fondos solicitados en el concurso de tesis de Postgrado, Ejecución 2017 del Convenio de Desempeño UPA 1301.

Le solicitamos enviar a la brevedad su Curriculum Vitae, y constancia de inscripción del proyecto de tesis de grado y horario donde indique las reuniones o tiempo en el cual trabajará para el desarrollo de su trabajo de grado. Además, debe incorporar en este horario todas aquellas actividades formales académicas o administrativas que realiza en la Universidad, con la finalidad de no superponer horarios en el convenio de asignación de fondos.

Debe enviar la documentación a la suscrita para coordinar tramitación administrativa de los fondos adjudicados para el desarrollo de su tesis.

finalmente, indicarles que ante cualquier modificación al proyecto original presentado a este concurso, debe ser informado por escrito, entregando un nuevo formulario en el que se indiquen las modificaciones realizadas.

Le saluda atentamente.,

--

Mg.PAULA MAGNÈRE ÁVALOS
Responsable de Objetivo 2 CD UPA 1301
Académica
Departamento Disciplinario de Educación Física
Fono 32 2500 183 Anexo 5183